



**Hélder Ramos
dos Santos**

Design e Interacção Gestual



**Hélder Ramos
dos Santos**

DESIGN E INTERACÇÃO GESTUAL

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Design, realizada sob a orientação científica do Doutor Vasco Afonso da Silva Branco, Professor Associado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e co-orientação do Mestre Nuno Coelho Dias, Professor Assistente do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

Gostaria de agradecer a todo o corpo docente e aos dois orientadores da dissertação, Doutor Vasco Afonso da Silva Branco e Mestre Nuno Coelho Dias, pela disponibilidade, paciência, capacidade de trabalho e incentivo em prosseguir a investigação no campo da interacção multi-táctil e design fenomenológico. Aos meus colegas de Mestrado, pela companhia, divertimento e troca constante de conhecimento e a todos os amigos e amigas que de uma forma ou de outra me motivaram para a realização deste trabalho. Aos meus colegas do grupo Contágio. A Inês Rocha, pela amizade e pelas muitas horas de debate e discussão em torno dos modelos conceptuais e protótipos desenvolvidos. A Patrick Pedrosa, pelos debates criativos e companheirismo, ao Mestre Carlos Santos e toda a equipa dos laboratórios Sapo da Universidade de Aveiro pelo suporte, colaboração e amizade demonstrados neste último ano. À minha companheira, Sara Joana, pela compreensão, incentivo e afecto que demonstrou nestes últimos cinco anos e me deram forças para continuar o meu percurso académico. Aos meus Pais, a quem devo tudo o que sou.

o júri

presidente

Doutora Maria da Conceição de Oliveira Lopes

professora auxiliar com agregação do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

arguente

Doutor Eduardo Alberto Vieira de Meireles Corte-Real

professor associado do IADE, Instituto de Artes Visuais, Design e Marketing

orientador

Doutor Vasco Afonso Da Silva Branco

professor associado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

co-orientador

Mestre Luís Nuno Coelho Dias

assistente do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

palavras-chave

Design, HCI, Design de interação, Design da experiência, Fenomenologia, Interactividade gestual, Interação multi-táctil, Uso intuitivo, Experiência óptima.

resumo

Os paradigmas de interação vigentes encontram-se associados à manipulação com dispositivos de entrada indirecta como o rato. Face à emergência da interactividade multi-táctil sobre superfícies reactivas, torna-se relevante uma reflexão sobre a mudança operada pela relação directa do corpo através da mão com os conteúdos e objectos representados na superfície.

A partir do estudo da literatura científica dos elementos componentes da interação e das principais técnicas de interação gestural, propõe-se um quadro metodológico para o design da interação gestual e multi-táctil perspectivado à luz de três abordagens: empírica, metafórica, e fenomenológica.

keywords

Design, HCI, Interaction design, Experience design, Phenomenology, Gestural interaction, Multitouch interaction, Intuitive use, Optimal experience

abstract

Existing interaction paradigms are associated with direct manipulation with indirect input devices such as the mouse.

By accounting the emergency of multitouch interactivity on reactive surfaces, it becomes relevant to discuss upon the changes brought by the direct relation of the body, through the hand, with the contents and objects represented on surface.

From the study of the scientific literature of the elements of the interaction and the principal gestural interaction techniques, we propose a methodological framework for the design gestural interaction based on three main approaches: empirical, metaphorical and phenomenological.

Índice

1. INTRODUÇÃO GERAL	9
1.1. O PROBLEMA	10
1.2. RELEVÂNCIA DO PROBLEMA.....	11
1.3. A ABORDAGEM REALIZADA	11
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	12
1.5. MOTIVAÇÃO	12
2. ANÁLISE DE PRECEDENTES.....	15
2.1. GRAVITATOR – ADAPTAÇÃO PARA INTERACÇÃO DIRECTA	15
2.2. “FLUXOGRAMA”	16
2.3. QUADRO TIPOLOGICO DE GESTOS	16
2.4. TÉCNICAS DE INTERACÇÃO GESTUAL E PROTOTIPAGEM	17
3. TRAJECTÓRIA DA INTERACÇÃO HUMANO-COMPUTADOR	19
3.1. VISIONÁRIOS DA INTERACÇÃO	19
3.2. PARADIGMAS DE INTERACÇÃO	23
3.3. RENASCIMENTO DA INTERACÇÃO DE SUPERFÍCIE.....	26
4. INTERACÇÃO GESTUAL DE SUPERFÍCIE.....	31
4.1. ENTRADA GESTUAL	31
4.1.1. <i>Taxonomia de dispositivos de entrada.....</i>	<i>32</i>
4.1.2. <i>Propriedades dos dispositivos de entrada directa.....</i>	<i>33</i>
4.1.3. <i>Reconhecimento gestual em dispositivos directos</i>	<i>35</i>
4.2. GESTUALIDADE	42
4.2.1. <i>Antropometria da mão.....</i>	<i>42</i>

4.2.2. <i>Dinâmica gestual</i>	43
4.2.3. <i>Taxonomia gestual</i>	44
4.3. TÉCNICAS DE INTERACÇÃO GESTUAL	47
4.4. CONCLUSÕES.....	57
5. DESIGN DA INTERACÇÃO GESTUAL.....	61
5.1. DESAFIOS COGNITIVOS E MOTORES	61
5.2. ABORDAGEM EMPÍRICA.....	62
5.3. ABORDAGEM METAFÓRICA	64
5.4. ABORDAGEM FENOMENOLÓGICA DO DESIGN	68
5.4.1. <i>Design centrado na experiência humana</i>	69
5.4.2. <i>Interação e encorporamento</i>	72
5.4.3. <i>Enfoque na qualidade da experiência</i>	74
5.5. PROTOTIPAGEM	79
5.6. CONCLUSÕES.....	81
6. CONCLUSÕES	85
6.1. LIMITAÇÕES DESTE ESTUDO	85
6.2. QUADRO METODOLÓGICO PARA O DESIGN DA INTERACÇÃO MULTI-TÁCTIL.....	85
6.3. PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO	88
BIBLIOGRAFIA	91
LISTA DE FIGURAS	97
ANEXOS.....	97
<i>Interface multi-táctil instrumental</i>	101
<i>Modelo conceptual de ambiente de trabalho multi-táctil</i>	105

1. Introdução Geral

As origens da interação de superfície perdem-se no tempo. Desde a antiguidade que o humano recorre ao registo em superfícies não apenas para suportar e manipular objectos, mas também para comunicar. O registo pictórico, marcante e duradouro, apropriou-se da pedra, do osso ou da madeira; enquanto o registo temporário, necessário para actividades de planificação e estratégia, escolheu como palco o solo arenoso, capaz de providenciar um sistema de registo gráfico reutilizável.

A superfície forma um plano sobre o qual é possível construir uma representação do mundo e dessa forma fornece o suporte para a acção nesse mundo. Objectos podem ser pousados, deslocados e rodados sobre um plano bi-dimensional. Gestos podem ser usados para comunicar, expressar e registar. Informação pode ser embebida nos objectos e associada a gestos.

O envolvimento do corpo com uma superfície dinâmica e reactiva em transformação - como parte do mundo em mudança e carregado de significado - aproxima o humano do seu meio. Da mesma forma, os objectos que manuseamos no quotidiano, ferramentas e utensílios, tornam-se extensão do nosso próprio corpo e pensamento.

A relação que o humano constrói tem com os objectos do quotidiano difere da relação que tipicamente tem com o computador. Os computadores, tal como os conhecemos, dependem de dispositivos de entrada indirecta, como o teclado e o rato, para “reconhecerem” a intenção do utilizador. Pelo contrário, os objectos do quotidiano não requerem mediação; o interface é o próprio objecto.

A visão do computador do futuro de Mark Weiser (1988), que apresenta a ideia de computação ubíqua, aponta para uma realidade em que o domínio físico é cruzado com o domínio cibernético. Podemos sugerir que a superfície interactiva se poderá tornar num elemento do quotidiano ainda mais comum num futuro próximo. Actualmente, a interação com computadores dotados de sistemas de reconhecimento táctil directo, tanto pode ser discretos como contínuos, multi-ponto como multi-táctil, uni-manual como bi-manual. Das caixas automáticas que apenas reconhecem um ponto de cada vez a dispositivos que reconhecem e diferenciam todos os dedos de ambas as mãos, as tipologias de dispositivos de entrada directa táctil requerem abordagens distintas do ponto de vista do projecto de design.

O interface multi-táctil, apesar de não proporcionar necessariamente um feedback táctil, beneficia do sentido da propriocepção na interacção. A pessoa pode interagir com objectos bi-dimensionais de modo semelhante como interage com objectos do quotidiano; os objectos podem ser deslocados, rodados, ou até transformados com uma ou duas mãos em acções

distintas ou complementares. Por outro lado, a pessoa pode também fazer uso do gesto como meio de comunicação com o sistema através de diferentes combinações de dedos que podem dar origem a um léxico de gestos de natureza simbólica, metafórica ou abstracta.

A interação de superfície oferece um vasto campo para a exploração de alternativas aos modelos de interação essencialmente cognitivos dos tradicionais WIMP¹. Havendo uma correspondência directa entre o espaço do utilizador e o espaço do sistema, os objectos podem ser experienciados fisicamente, ainda que sem uma presença sensorial tátil.

Desta forma, o envolvimento do corpo aliado às propriedades do sistema dotado de correspondência com domínios do conhecimento familiar, pode oferecer à pessoa uma experiência, que vai para além de uma dimensão meramente operativa.

Este estudo procura compreender as diferenças entre as diversas tipologias de entrada tátil e gestual de forma a determinar as estratégias e metodologias adequadas para o design de interfaces multi-tácteis capazes de providenciar uma interação transparente, isto é, uma interação focada nos objectos da acção e não no interface.

1.1. O problema

Actualmente, o multitouch é simultaneamente visto com entusiasmo e cepticismo. Por um lado, a promessa de uma interação mais transparente motiva o esforço de vários investigadores em laboratórios por todo o mundo. Por outro lado, a desilusão provocada pelas dificuldades encontradas na implementação técnica de sistemas de interação multi-tátil geraram um sentimento de frustração e alguma insegurança. Muitos dos gestos apresentados pela comunicação social são, na realidade, baseados no paradigma da manipulação directa tradicional (com o rato) e são poucos os interfaces que providenciam experiências multi-tácteis e bi-manuais. Torna-se por isso relevante continuar o esforço em compreender de que forma se podem dotar os novos interfaces directos de técnicas de interação que permitam tirar o máximo proveito da relação corpórea com os objectos bi-dimensionais apresentados em ecrã – no sentido de tornar a interação mais intuitiva e transparente, isto é, mais próxima dos objectos da acção e menos dependente do interface.

¹ Na interação humano-computador a sigla WIMP corresponde "window, icon, menu, pointing device", e denota um estilo de interação que usa esses elementos

1.2. Relevância do problema

Nos próximos anos, o domínio de aplicabilidade dos interfaces de superfície irá crescer à medida que novos produtos sejam capazes de suportar interação multi-ponto ou multi-táctil. Com a generalização do paradigma de interação multi-táctil, evidenciada com produtos como o *iPhone*, *Microsoft Surface*, ou o novo *Windows7*, torna-se fundamental um novo entendimento da interação humano-computador: o designer precisa reflectir sobre as propriedades dos dispositivos de entrada vídeo e o modo como o humano interage directamente com as mãos no quotidiano, de forma a ultrapassar as limitações do actual paradigma de manipulação directa.

1.3. A abordagem realizada

No âmbito do design de interação e da experiência e, face ao crescimento das expectativas sobre a interação de superfície reactiva multi-táctil, torna-se pertinente a identificação de um pensamento em design adequado à concepção de interfaces gestuais, nomeadamente pela distinção das diferentes tipologias de gestos – usadas para manipular ou para comunicar; pela identificação dos diferentes dispositivos e tipos de entrada gestual; pelo reconhecimento das principais considerações do ponto de vista ergonómico e o aferimento de um quadro metodológico para o desenho e prototipagem da interação gestual de superfície.

Este estudo pretende contribuir para um entendimento da interação gestual multi-táctil e formar, em conjunto com a dissertação do Designer Patrick Pedrosa², um instrumento de reflexão que possibilite uma prática em torno do design de produtos baseados em tecnologia de reconhecimento de objecto. Esta parceria nasce de uma estratégia comum afiliada ao grupo Contágio, projecto sediado no Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

“O projecto Contágio (do latim *contacto*) é um projecto para o desenvolvimento de um espaço laboratorial que se propõe estabelecer como uma plataforma de convergência e continuidade de projectos ligados às diferentes áreas científicas/disciplinares do DeCA, nomeadamente, as tecnologias da comunicação, a música, a arte e o design. A sua principal função é o desenvolvimento de projectos interactivos, a reflexão teórica e a proposição de metodologias para a prática projectual, sobretudo no estudo da mediação corporalizada e da experiência óptima na mediação tecnológica.” Nuno Dias, 2009³

² Este trabalho deverá completar o estudo de Patrick Pedrosa sobre a tecnologia e equipamento de reconhecimento táctil.

³ Manifesto Contágio em <https://docs.google.com/Doc?docid=0AaI2Yi7F7mEfZGYzazlua21fMmd2MjJ0OWho&hl=en>

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. Nesta primeira parte introdutória, lançou-se o problema, demonstrou-se a sua relevância, e apresentou-se a abordagem. No segundo capítulo – Análise de precedentes – são apresentados alguns estudos realizados durante a licenciatura em Design no DeCA – UA. O terceiro capítulo – Trajectória da interacção humano-computador – aborda os primórdios da interacção humano-computador perspectivada à luz dos contributos dados pelos grandes visionários da disciplina (Vannevar Bush, John Licklider, Douglas Engelbart, Ivan Sutherland); aborda a ascensão e limitações do paradigma de interacção Graphical User Interface (GUI) e, finalmente, descreve o contexto actual na origem do renascimento do interesse na interacção multi-táctil. O quarto capítulo – Interacção gestual de superfície – é dividido em quatro partes: a primeira aborda a entrada gestual - análise das propriedades, diferentes taxonomias, tipologias de dispositivos de entrada e tecnologia de reconhecimento gestual; a segunda a gestualidade – ergonomia, descrição e classificação do gesto; a terceira consiste num levantamento de técnicas de interacção multi-táctil – manipulativa, comunicativa, bi-manual e instrumental; finalmente são apresentadas as conclusões. O quinto capítulo – Design da interacção gestual – encontra-se dividido em seis partes, e começa por apresentar os principais desafios cognitivos e motores, seguindo-se três abordagens ao design da interacção multi-táctil (empírica, metafórica e fenomenológica) seguida de uma reflexão em torno da prototipagem desta tipologia de artefactos e conclusões. No sexto capítulo – Conclusão – é sugerido um quadro metodológico para o design da interacção gestual sobre superfícies reactivas e são apresentadas três perspectivas de trabalho futuro – interfaces instrumentais e musicais, interfaces lúdicos e interfaces para manipulação, edição e visualização de conteúdos - descritas num conjunto de anexos.

1.5. Motivação

O meu primeiro contacto com a interacção humano-computador e o design da interacção foi com o Professor Doutor Vasco Branco na disciplina de *Design da Interação I*, no terceiro ano da Licenciatura em Design no DeCA – UA. O meu interesse foi crescendo à medida que fui tendo contacto com outros investigadores, como os Professores Mestres Mário Vairinhos e Nuno Dias, ambos docentes no departamento. No quarto ano da licenciatura, o Professor Nuno Dias recebeu-me como orientando nas disciplinas de *Projecto II* e *Design da Interação II*, com quem tive a oportunidade de ser introduzido ao *Design Fenomenológico*, nomeadamente através do estudo da teoria do *fluxo* do psicólogo Mihaly Csikszentmihalyi (1975) e da teoria dos *Marcadores Somáticos* do neurocientista António Damásio (1999).

O interesse pela interacção multi-táctil despertou em mim durante a visualização das técnicas de interacção multi-táctil demonstradas por Jeff Han nas TED Conference em Fevereiro de 2006. A

vontade em explorar as possibilidades inerentes à interacção directa com múltiplos graus de liberdade cruzou-se com o interesse pelo design da experiência qualificada orientada para o estado do *Fluxo*.

Tenho centrado desde então, os meus esforços no reconhecimento das diferentes modalidades e técnicas de interacção gestual existentes, na identificação de práticas metodológicas de concepção e prototipagem, e também na projectação de técnicas de interacção para contextos de uso específicos.

Actualmente, procuro formas de ultrapassar as dificuldades de implementação derivadas da minha inaptidão técnica no âmbito da programação, nomeadamente pelo recurso a diferentes técnicas de prototipagem.

2. Análise de precedentes

O meu interesse pela interação multi-táctil e o design fenomenológico foi impulsionado por projectos propostos pelos meus orientadores.

2.1. Gravitator – adaptação para interação directa

No âmbito da disciplina de Design da Interação II, da licenciatura de Design leccionada no departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro, procurou-se fazer o exercício de exploração de possibilidades para a readequação do modelo de interação do interface *Gravitator*⁴ para a interactividade gestual multi-táctil. O modelo de interação proposto consiste em blocos condensados de operadores.

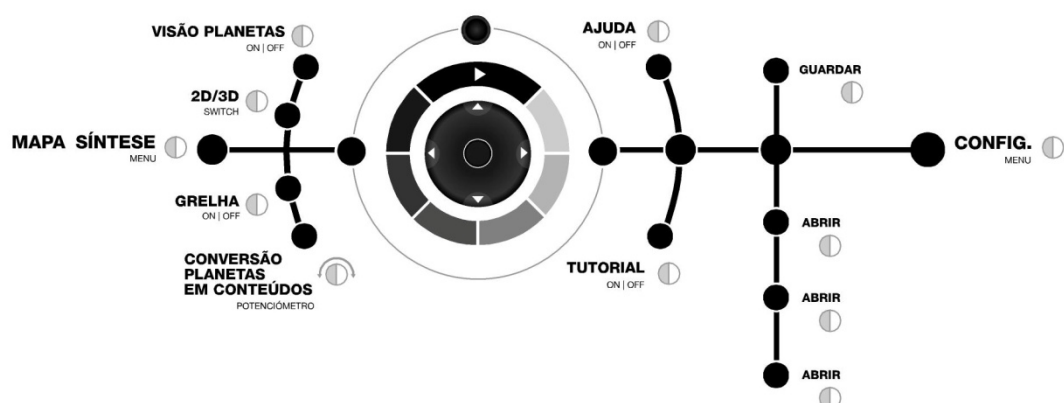


FIG. 1 modelo de interação multi-táctil proposto para o projecto Gravitator

⁴ Sistema de pesquisa de dados tridimensional, desenvolvido por Nuno Dias e Mário Vairinhos em 2002, que não opera por indexação ou pertinência como nos sistemas convencionais tipo Google ou Yahoo. Antes recorre a modelo conceptual de pesos de atracção/ detracção dos termos de pesquisa que são apresentados segundo uma lógica dinâmica baseada na metáfora do universo e nas leis de Newton

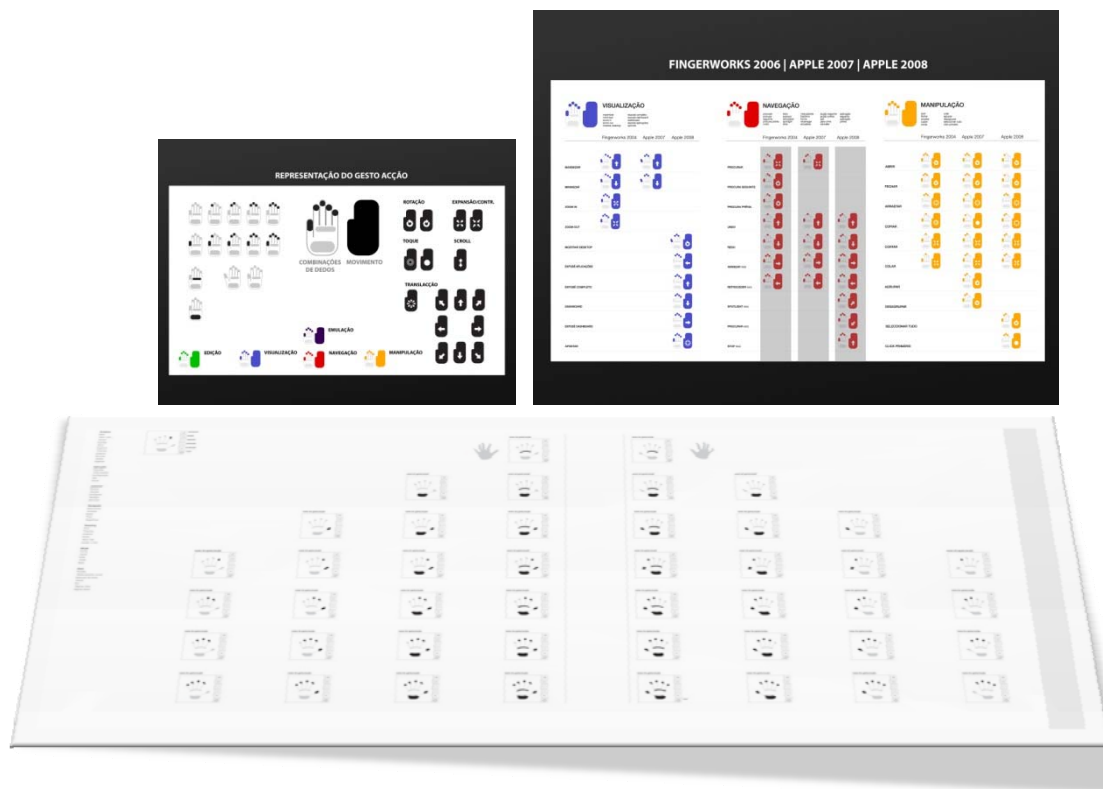


FIG. 3 Modelo de tipologia de gestos facilitação do processo de projectação de técnicas de interacção gestual.

2.4. Técnicas de interacção gestual e prototipagem

Protótipos realizados com recurso a ímans, elásticos, e acrílicos gentilmente cedidos pelos laboratórios Sapo no Deca-UA, e usados para demonstração de técnicas de interacção a colegas e docentes no departamento durante o segundo semestre do ano lectivo 2008/2009.



FIG. 4 Protótipos do tipo mock-ups realizados com ímans, elásticos, cartolina, acrílico

3. Trajectória da interacção humano-computador

Este capítulo descreve o percurso da interacção humano-computador à luz de quatro visionários da disciplina. Conceitos como metáfora da secretária, experiência, usabilidade e manipulação directa encontram eco nas palavras de Vannevar Bush, John Licklider, Douglas Engelbart e Ivan Sutherland.

O esforço desses visionários contribuiu para a emergência de paradigmas de interacção como o *Command Line Input* (CLI) – realização de comandos por entrada simbólica através de um teclado; o *Graphical User Interface* (GUI) – interacção indirecta pela manipulação directa de objectos através do rato; o *Graspable User Interface* (GSUI) – interacção directa com objectos tangíveis embebidos de informação; ou o *Tangible User Interface* (TUI) – materialização de meta-informação sobre o mundo físico.

A interacção multi-táctil, vulgarmente conhecida como *multitouch*, relaciona-se de alguma forma com esses paradigmas, e apesar da sua natureza assentar essencialmente nos GSUI e TUI, encontra-se ligada ao paradigma vigente GUI no modo é pensada a interacção.

Actualmente, muitos dos interfaces com entrada directa multi-táctil oferecem um modelo de interactividade não muito distante do paradigma GUI, em grande parte porque foram desenvolvidos com um pensamento ancorado no paradigma vigente.

O *multitouch* constitui a materialização de uma visão com raízes em Vannevar Bush, J.C.R Licklider, Douglas Engelbart e Ivan Sutherland. Uma visão de interactividade humano-computador mais abrangente e próxima da fisicalidade e modo como nos relacionamos com o mundo.

Veremos como a emergência da interacção directa multi-táctil - desde os seus primórdios nos anos 80, ao renascimento do interesse suscitado por filmes como *Minority Report* e a apresentação de Jeff Han nas Ted Conferences em 2006 - gerou uma onda de expectativa inflacionada, seguida de um abrupto desapontamento, continuamente reforçado pela baixa qualidade da interacção demonstrada em eventos altamente mediatizados como as eleições norteamericanas na MSNBC de 2008.

3.1. Visionários da interacção

Os primeiros computadores eram pesados e ocupavam salas inteiras. Funcionavam com válvulas e executavam programas escritos e carregados com interruptores, ligadores e cabos, que obrigavam à constante intervenção de operários especializados para substituição de válvulas (Grudin 2008, 3).

A principal preocupação em torno do computador era garantir o bom funcionamento do equipamento e vários técnicos especializados faziam a manutenção que consistia essencialmente em substituir lâmpadas e estabelecer ligações com cabos.

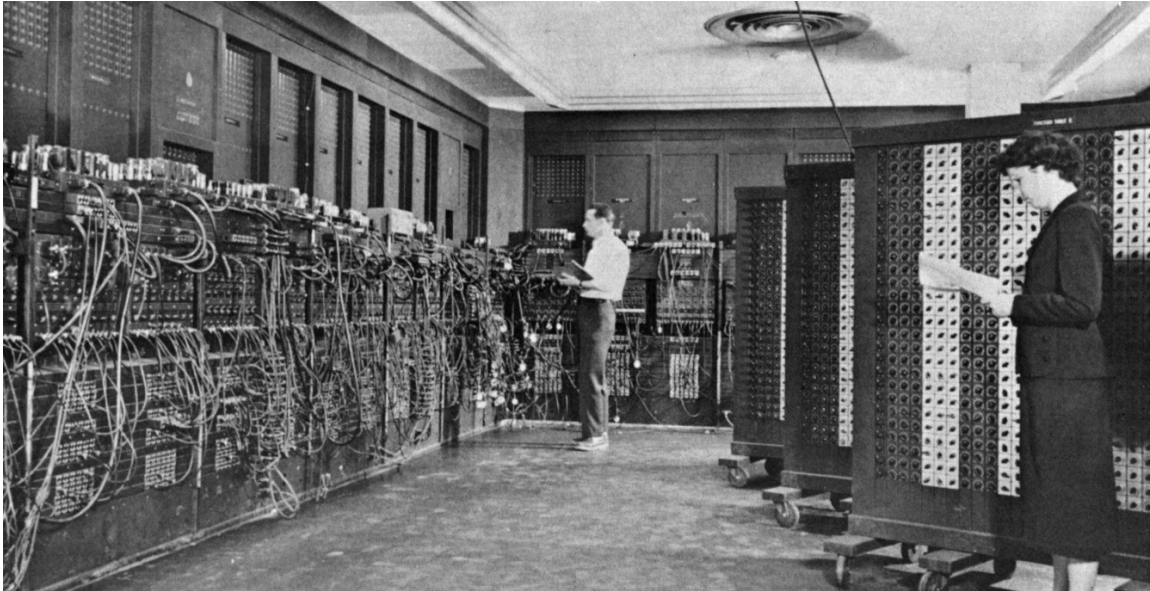


FIG. 5 Eniac "U.S. Army Photo", de K. Kempf, "Historical Monograph: Electronic Computers Within the Ordnance Corps" The ENIAC, in BRL building 328 – <http://www.mrsec.wisc.edu/Edetc/SlideShow/slides/computer/eniac.html>

Nesse período, que se prolongou até ao advento do transístor em 1955, a inovação dos sistemas centrava-se essencialmente em "[...] reducing the time spent replacing or resetting vacuum tubes and the invention of stored-program computers, which could be loaded from tape rather than manually with cables and switches." (Grudin 2008, 3)

No entanto à medida que o transístor ia substituindo as válvulas, "[...] a wave of imaginative writing, conceptual innovation, and prototype building swept through the research community." (Grudin 2008, 4)

A área da interação humano-computador tem beneficiado das concepções inovadoras de visionários como Vannevar Bush, J.C.R Licklider, Douglas Engelbart e Ivan Sutherland, que contribuíram significativamente para a humanização da interação humano-computador.

Em 1945, Vannevar Bush publicou um ensaio com o nome *As We May Think*⁸, onde delineou os princípios de um dispositivo multimédia - o *Memex*, uma secretária com armazenamento suportado por microfilmes que a autor descreve como "[...] a device in which an individual stores all his books, records, and communications, and which is mechanized so that it may be consulted with exceeding speed and flexibility. It is an enlarged intimate supplement to his memory." (Bush 1945, 8)

8 (Bush V., As we may think 1945)

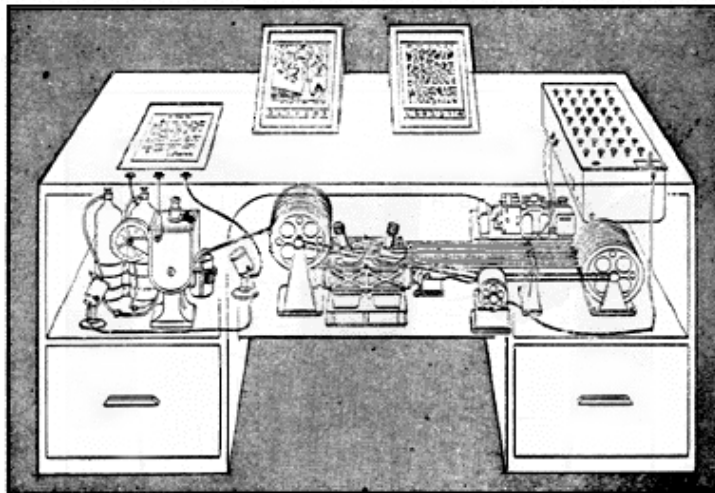


FIG. 6 O Memex de Vannevar Bush – http://www.lifewithalacrity.com/2004/10/tracing_the_evo.html

Em 1960, J.C.R. Licklider⁹ descreveu o conceito de *Man-computer symbiosis* como um desenvolvimento expectável de “[...] cooperative interaction between men and electronic computers” distinta da interacção possível com sistemas humano-máquina dependentes do controlo humano e que envolverá de uma forma muito próxima “[...] the human and the electronic members of the partnership” (Licklider 1960, 1)

Em 1962, J.C.R Licklider e Wes Clark¹⁰, que delinearam os requerimentos para um sistema de comunicação humano-computador *on-line* e identificaram capacidades a desenvolver, como:

“[...] timesharing of a computer among many users; electronic input-output surfaces for the display and communication of symbolic and pictorial information; interactive, real-time support for programming and information processing; large-scale information storage and retrieval systems; and facilitation of human cooperation.” (Grudin 2008, 4)

Douglas Engelbart, em 1962, publicou uma das obras fundamentais da Interação humano-computador – *A conceptual framework for the augmentation of man's intellect*¹¹, onde demonstrou algumas das potencialidades dos sistemas de computação no aumento da capacidade do humano para abordar problemas complexos, para além de ter conceptualizado e implementado “[...] the foundations of word processing, invented or refined input devices including the mouse and multikey control box, and made use of multidisplay environments that integrated text, graphics, and video in windows” e de ter sido um dos primeiros investigadores da interacção humano-computador a

9 (Licklider, Man-computer Symbiosis 1960)

10 (Licklider e Clark, On-line man-computer communication 1962)

11 (Engelbart, Augmenting Humana Intellect: A Conceptual Framework 1962)

defender o recurso a testes de factores humanos centrados na redução de erros, nos efeitos de cansaço e stress. (Grudin 2008, 5)

Engelbart reconheceu também que o treino deveria ser visto como um componente chave da interação, sugerindo que os utilizadores sentem-se motivados “to tackle a difficult interface if it delivered greater power once mastered (Grudin 2008, 5)

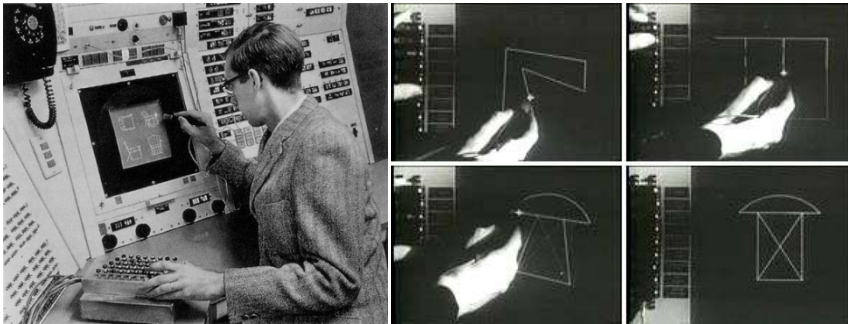


FIG. 7 Sketchpad de Ivan Sutherland – <http://www.mat.ucsb.edu/~wakefield/amv/visualmusic.htm>

Nesse mesmo ano, Ivan Sutherland apresentou o *Sketchpad*¹², um interface cujo impacto decisivo nos anos 80 para o sucesso do paradigma GUI ainda se faz sentir actualmente.

Com o *Sketchpad*, o utilizador pode desenhar “[...] directly on a computer display with a light pen. The light pen is used both to position parts of the drawing on the display and to point to them to change them. A set of push buttons controls the changes to be made such as erase or move. Except for legends, no written language is used.” (Sutherland 1960, 9)

Outro sistema pioneiro foi o *Genesys system*¹³, um dos primeiros sistemas interactivos de animação a explorar a interacção em tempo real entre utilizador e sistema, desenvolvido por Ron Baecker entre 1967 e 1969 e publicado em 1974.

O esforço de Sutherland no sentido de tornar os computadores mais acessíveis e amigáveis culminou com um modelo conceptual onde demonstrou “[...] iconic representations of constraints, copying, moving, and deleting of hierarchically organized objects, object-oriented programming concepts, interaction techniques, and approaches to animation.” (Grudin 2008, 5)

12 (Sutherland, SketchPad: A Man-Machine Graphical Communication System 1960) - Vídeo online “Sketchpad Demo 1/2” http://www.youtube.com/watch?v=USyoT_Ha_bA “Sketchpad Demo 2/2” <http://www.youtube.com/watch?v=BKM3CmRqK2o&feature=related>

13 (Baecker, GENESYS – Interactive Computer-Mediated Animation 1974) - Vídeo online “GENESYS : Interactive Computer-Mediated Animation Demo 1/2” <http://www.youtube.com/watch?v=7ZYslfBpC10&feature=related> e “GENESYS : Interactive Computer-Mediated Animation Demo 2/2” <http://www.youtube.com/watch?v=wOth0-4EHsc&feature=related>

Estes visionários descreveram um mundo em que advogados, médicos, químicos, designers e outros profissionais podiam manusear computadores. No entanto, Grudin (2008), refere que “Twenty years after Bush wrote his essays, hands-on computer use was largely restricted to operators and data-entry personnel who were, in Shackel’s words, “almost slaves” tending costly machines.” (Grudin 2008, 4)

O alargamento da interacção a utilizadores não especializados é um tema com raízes profundas no campo da computação. Vannevar Bush, Licklider, Engelbart e Sutherland, são alguns dos investigadores que se debruçaram sobre o modo como os humanos utilizam e dialogam com processadores de informação. Foram capazes de perceber as potencialidades do computador para auxiliar o humano e estender as suas capacidades. Também anteciparam muitas das funcionalidades, metáforas, técnicas de interacção e princípios de design aplicados actualmente no campo da interacção humano-computador. No entanto, o lapso temporal entre a publicação e implementação dos conceitos inovadores propostos por esses visionários é um sinal revelador da existência de um período de amadurecimento entre a emergência de um conceito e a sua democratização. Vinte anos foram necessários para que a manipulação directa de Sutherland e cinquenta para que a metáfora da secretária de Vannevar Bush se afirmassem como paradigma dominante. Apesar de defendida em 1963 por Engelbart, a importância da realização de testes e da ergonomia apenas foi reconhecida nos anos 80 quando o interesse na interacção humano-computador e nos princípios de usabilidade atingiu massa crítica suficiente para generalizar os princípios de ergonomia motora e cognitiva ao desenvolvimento de produtos informáticos; e foi preciso esperar pelos anos 90 para que termos como emoção e motivação se tornassem correntes na gíria de HCI.

3.2. Paradigmas de interacção

O esforço de humanização da interacção humano-computador deu origem a paradigmas de interacção que permitem a introdução simbólica através de teclado – o *Command Line Input* (CLI) ; a manipulação directa de objectos através do rato – o *Graphical User Interface* (GUI); e a interacção directa com objectos – o *Graspable User Interface* ; ou o próprio meio –o *Tangible User Interface* (TUI); entre outros.

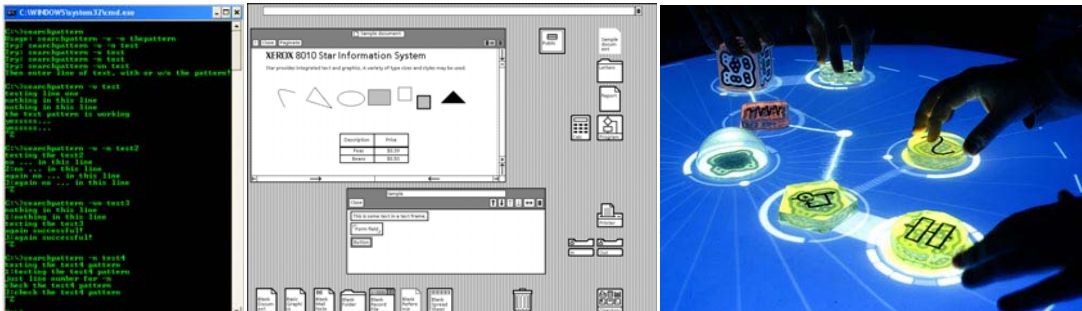


FIG. 8 Os paradigmas CLI (MS-DOS), GUI (Xerox Star) e TUI (ReacTable)

O paradigma actualmente dominante é o *Graphical User Interface* ou GUI, também conhecido por paradigma do papel, ou metáfora da secretária. Os *Graphical User Interfaces* representam informação na forma de ícones, ou de imagens representando objectos, acções e commands que podem ser manipulados directamente a partir de de um dispositivo de entrada como o rato. O conceito-chave é a mimése dos atributos do ambiente de uma secretária por forma a conseguir respostas que reportem a um universo familiar da experiência dos utilizadores de acordo com a filosofia proposta por Alan Key *Direct manipulation for everyone* descrita em 1977 no projecto precursor do computador portátil orientado para crianças, o *Dynabook*.¹⁴

Os GUI são especialmente atraentes para novos utilizadores, em grande parte devido à clara disposição das acções possíveis por meio de controladores visuais acessíveis com um simples clique, que reduzem significamente a curva de aprendizagem. No entanto, a redução da carga cognitiva amplifica a atenção nas acções da mão dominante e reduz a atenção nos restantes processos cognitivos – os objectivos da pessoa são secundarizados face à sequência de clicks e arrastamento para deslocação de barras de navegação, selecção de ícones ou hiperligações, obrigando o utilizador a percorrer grandes distâncias no ecrã (Westerman 1999, 32).

“In currently popular graphical user interfaces [...] even the simple task of web browsing may involve a cumbersome sequence of clicking on page links, moving the mouse pointer to distant scrollbar controls, clumsily manipulating the scrollbar, then moving the pointer back to newly uncovered links.” (Westerman 1999, 32)

O paradigma TUI, proposto por Hirishi Ishii e Brygg Ullmer em 1997, reúne os conceitos *ubiquitous de Weiser*¹⁵ e *graspable de Fitzmaurice*¹⁶ e “[...] bridge the gaps between both cyberspace and the physical environment, as well as the foreground and background of human activities.” (Ishii e Ullmer 1997, 2).

¹⁴ (Kay, A Personal Dynamic Media 1977, 31-42)

¹⁵ (Weiser, The Computer for the Twenty-First Century 1991, 91-104)

¹⁶ (Fitzmaurice, Ishii e Buxton, Bricks: Laying the Foundations for Graspable User Interfaces 1995, 442-449)

Em 1991, Mark Weiser apresentou o conceito de computação ubíqua para expressar a sua visão futurista de uma computação invisível e pervasiva. Segundo Weiser, a computação ubíqua “[...] gradually emerge as the dominant mode of computer access over the next twenty years” (Weiser 1991, 12)

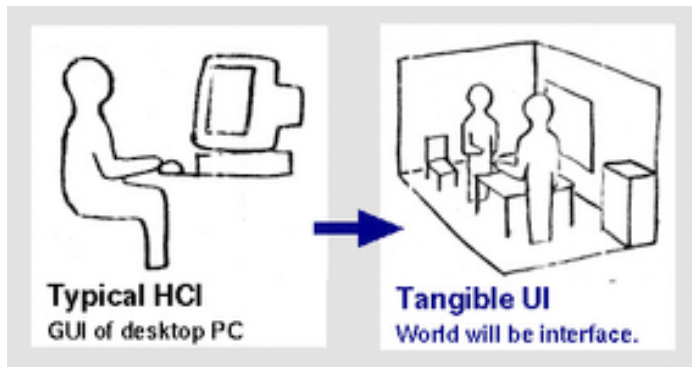


FIG. 9 From GUI to *Tangible User Interfaces* (Ishii e Ullmer 1997, 2)

Os *graspable user interfaces* (GSUI), providenciam o acesso a “[...] specialized input devices which can serve as dedicated physical interface widgets, affording physical manipulation and spatial arrangements.” (Fitzmaurice 1996, 1)

“Tangible Interfaces: treating the whole of physical space around the user as part of a human-computer interface (HCI) by employing physical objects as carriers of information.” (Manovich 2006, 4)

A ideia que o mundo assume o papel de interface e que a informação pode ser embebida nos objectos leva-nos a considerar a interacção de superfície como uma das principais aplicações do paradigma emergente. Quando falamos de superfícies reactivas a múltiplos pontos de contacto, podemos pensar em pequenos dispositivos portáteis como gigantescos painéis a ocupar paredes inteiras. Mas aquilo que mais caracteriza a interacção multi-táctil, não é a relação directa entre o espaço do sujeito e o espaço do objecto, que pode ser realizada com dispositivos tácteis como o *touchscreen*, mas sim os graus de liberdade possíveis com o uso de todos os dedos de ambas as mãos. Dessa forma, o *multitouch* é completamente distinto do paradigma da manipulação directa dos GUI. Curiosamente, os primeiros dispositivos de entrada a permitir o reconhecimento de múltiplos pontos de entrada por vídeo, são contemporâneos da emergência do paradigma vigente GUI durante os primeiros anos da década de 80 e anteriores ao paradigma TUI.

3.3. Renascimento da interacção de superfície

Foi no início dos anos 80 que ocorreram as maiores mudanças na interacção humano-computador. No entanto, enquanto o mundo observava a ascensão da manipulação directa e do paradigma GUI, como comprovam os GUI da Apple, Commodore, Xerox, Atari e Amiga, um outro paradigma surpreendia a comunidade HCI com uma interacção directa de objectos com mãos e dedos, que viria a ser conhecido como *multitouch*.

Diversas manifestações da interacção de superfície multitáctil tiveram presença notória na comunidade científica e na cultura popular entre 1982 e 1983. O primeiro dispositivo multi-táctil data de 1982 e foi desenvolvido na *Toronto University* por Nimish Mehta¹⁷; em 1983, é publicado o primeiro ensaio sobre as propriedades da interacção para superfícies tácteis¹⁸; nesse mesmo ano surge o *Videoplace*¹⁹, desenvolvido por Myron Krueger, com um sistema de reconhecimento óptico e um vasto conjunto de interacções gestuais, das quais se destaca o gesto de magnificação com dois dedos actualmente usado em produtos como o *iPhone*²⁰ da Apple e o *Surface*²¹ da Microsoft.



FIG. 10 Interação com o VideoPlace de Krueger (1983), o iPhone da Apple (2007) e o Surface da Microsoft (2007)

17 (Mehta, A flexible machine interface 1982)

18 (Nakatani e Rohrlach, Soft MACHines: A Philosophy of User-Computer Interface Design 1983)

19 (Krueger, Gionfriddo e Hinrichs, VIDEOPLACE - An artificial reality 1985, 35-45)

20 (iPhone - Apple, 2007) – <http://www.apple.com/iphone/technology>

21 (Microsoft Surface, 2007) – <http://www.microsoft.com/surface>



FIG. 11 Imagem da longa-metragem Tron realizada por Lisberger em 1982

Em 1983, os estúdios da Disney produziram a longa-metragem *Tron*²², que descreve um universo cibernético povoado de entidades cuja aparência humana é recriada digitalmente e sujeita a leis particulares do sistema - até certo ponto, semelhantes ao mundo real. No âmbito da interação humano-computador, e para além das várias referências à arquitectura dos sistemas, destacam-se dois aspectos relevantes no filme: primeiro, por as entidades serem parte integrante do meio e interagirem de modo semelhante ao nosso mundo real; segundo, pela presença de um interface multitáctil usado para interagir com o ente supremo do enredo. Os produtores do filme procuraram o modelo de interação mais extraordinário para captar a atenção do público - escolheram a interação directa, com largos painéis tácteis, gráficos luminosos e interações gestuais surpreendentes e não linhas de código abstractas como no *Command Line Input*. Quase vinte anos depois, Steven Spielberg com o filme *Minority Report*²³ lança uma vaga de expectativas inflacionadas sobre a interação gestual²⁴, que viria a ter o seu apogeu na apresentação de técnicas de sensoramento com tecnologia FTIR por Jeff Han²⁵ nas TED Conferences em 2006²⁶.

22 (Lisberger, Tron 1982)

23 (Spielberg, Minority Report 2002) – <http://www.youtube.com/watch?v=NwVBzx0LMNQ>

24 (Schöning, Krüger, & Olivier, Multi-touch is dead, Long live Multitouch 2009)

25 (Han, Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection 2005, 115-118)

26 TEDTalks - Jeff Han demos his breakthrough touchscreen, 2006

http://www.ted.com/talks/jeff_han_demos_his_breakthrough_touchscreen.html

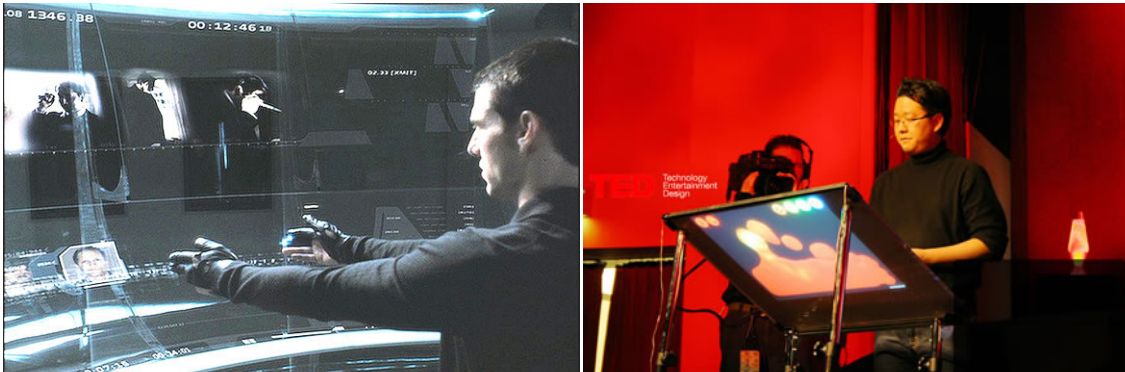


FIG. 12 Longa-metragem *Minority Report* realizada por Steven Spielberg em 2002 e de Jeff Han nas Ted Conference em 2006

Esta apresentação marca um ponto de viragem na interação multi-táctil. Jeff Han conseguiu despertar o interesse pela interação multi-táctil e projectar as potencialidades deste tipo de interação, influenciando e despertando o interesse de investigadores do campo do HCI, de empresas como Microsoft e a Apple, e do Governo dos Estados Unidos, actual empregador da empresa criada por Jeff Han – a Perceptive Pixel²⁷.

Segundo Schöning et al (2009), a notória popularidade do fenómeno *multitouch* é contrastante com o desapontamento da comunidade HCI e de utilizadores, por muitas das habilidade empregues no quotidiano pelas pessoas “ [...] for sensing and manipulating their physical environment [...] are not employed in interaction with the digital world today.” (Schöning, Krüger e Olivier 2009, 3)

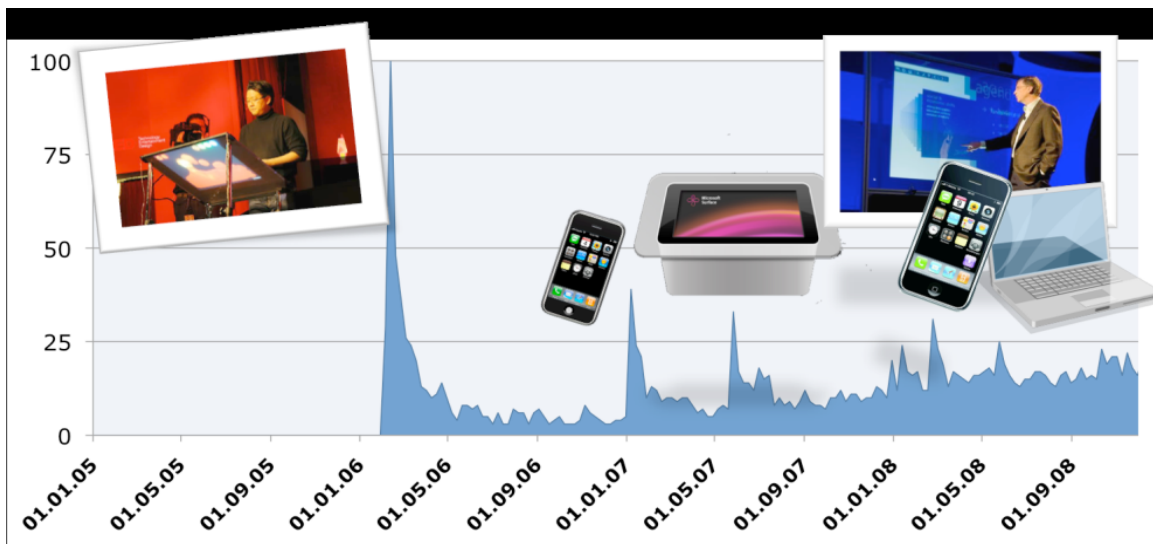


FIG. 13 "The attention of the term "multi-touch" analisado com o Google Trends. The data is scaled (fixed) based on the average search traffic of the term." in Multitouch is Dead – Shoening (2009)

27 A Perceptive Pixel é uma empresa estadunidense sediada em Nova Iorque e fundada por Jeff Han em 2006 que desenvolve soluções multi-tácteis avançadas – <http://perceptivepixel.com>

Uma análise das buscas feitas no *Google* do termo “Multitouch” usando o *Google trends* revela uma expectativa inflacionada na apresentação de Jeff Han no TED em 2006, com significativa redução daí em diante.

Desde Fevereiro de 2006, a atenção dada ao termo *multitouch* nunca mais se aproximou dos valores conseguidos com a apresentação de Jeff Han nas Ted Conference, apesar dos produtos lançados pela Apple e Microsoft.

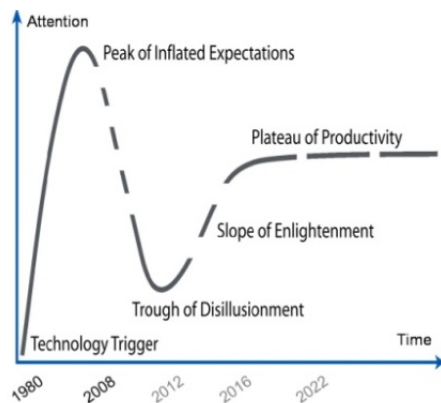


FIG. 14 Adaptação de Jeremy Kemp do diagrama de Hype-cycle de Garner para o multitouch (Schöning, Krüger e Olivier 2009)

O pico de expectativa inflacionada corresponde à apresentação de Jeff Han nas Ted Conference em 2006, seguida de uma descida abissal até ao fundo do desapontamento. Baseado no diagrama de sobre-expectativa, ou *Hype-cycle* de Garner, Schoöning et al. (2008), prevê uma descida contínua da atenção dada ao *multitouch* à qual poderá suceder um patamar da produtividade provocado pelo amadurecimento e consolidação de massa crítica.

Muitas das propostas que se seguiram ao boom de 2006 são apenas reajustes de algumas das técnicas de interação pensadas para teclado e rato, e descuram as potencialidades da interação gestual com dedos múltiplos, bimanuais, e de utilização múltipla. Esses interfaces encontram-se longe de utilizar “[...] the full potential that multi-touch interaction has to offer, and are contributing to the impending phases of “Disillusionment”. (Schöning, Krüger e Olivier 2009, 3)

As técnicas de interação gestual usadas nos sistemas actuais - como no programa televisivo das eleições de 2008 na MSNBC²⁸, em que milhões de espectadores viram um interface multitáctil “[...] presented without the use of a single multi-touch gesture” (Schöning, Krüger e Olivier 2009, 3) - geram uma clima de insatisfação tanto na comunidade HCI como nos utilizadores.

²⁸ A MSNBC é uma rede de televisão norte-americana fundada em 1996 com notícias 24 horas. Durante as eleições para a presidência dos Estados Unidos, foi usado um sistema desenvolvido pela Perceptive Pixel (empresa fundada em 2006 por Jeff Han) – <http://www.youtube.com/watch?v=IhJ0M0u33mw>



FIG. 15 Dispositivo multi-táctil usado nas Eleições Norte-Americanas de 2008 na MSNBC

O interface, desenvolvido pela empresa de Jeff Han, a Perceptive Pixel, incluía interações multi-tácteis, mas o apresentador, condicionado por anos de interação com um ponteiro de indicação num só ponto “[...] did stuck to conventional and familiar interface actions” (Schöning, Krüger e Olivier 2009, 3) tendo-se limitado ao uso de um dedo para activar e manipular objectos, descurando as potencialidades de interação em múltiplos pontos que o sistema proporcionava.

Actualmente, muitos laboratórios privados e públicos investigam a interação gestual e procuram desenvolver produtos que integrem técnicas de interação para a manipulação directa de objectos bi-dimensionais sobre superfície. Impõe-se no entanto, uma reflexão sobre a abordagem adoptada e os princípios de design envolvidos no processo de concepção dessas técnicas.

4. Interação gestual de superfície

Para um melhor entendimento da interação gestual sobre um plano bi-dimensional parece recomendável analisar os modos como os sistemas reconhecem a acção motora do utilizador e também compreender de que forma a pessoa se serve do gesto para manipular e comunicar no quotidiano.

Este capítulo encontra-se dividido em três partes:

- Entrada gestual – taxonomias e propriedades de dispositivos de entrada, tecnologias de reconhecimento gestual táctilo-sensorial ou por entrada directa táctil, discreta ou contínua, ou multi-táctil;
- Gestualidade - definição do gesto, anatomia da mão, dinâmica gestual e taxonomias de gestos;
- Técnicas de interação gestual - amostragem de algumas técnicas de interação classificáveis nos domínios natural/físico, simbólico, metafórico, abstracto, bi-manual e instrumental.

4.1. Entrada gestual

Esta parte pretende documentar as principais considerações sobre a tecnologia de entrada gestual. São apresentadas três taxonomias de dispositivos de entrada: a taxonomia de Foley, a taxonomia de Buxton e a taxonomia de Mackinlay. São também referidas as principais propriedades dos dispositivos de entrada: absoluto/relativo, directo/indirecto, graus de liberdade, modelos de estado, tempo de aquisição do dispositivo e latência. Finalmente, é abordado o reconhecimento gestual de superfície, desde os dispositivos táctilo-sensoriais como os *touchpads*, os primeiros dispositivos de entrada directa táctil *touchscreens*, às origens dos dispositivos de entrada directa multi-táctil e tecnologia envolvida na detecção de mãos e dedos.

Os dispositivos de entrada actuam como mediadores físicos entre utilizador e sistema, para a realização de tarefas específicas como: selecção - escolha de um elemento a partir de um conjunto de alternativas; posicionamento - indicação de uma localização; orientação de uma entidade no espaço bi-dimensional ou tri-dimensional; trajecto - geração de posição e orientação sequenciadas; quantificação - especificação de valor para quantificar uma medição; captura de texto e de imagem (ECMA 1992).

A entrada consiste em informação proveniente do meio físico sentida através de dispositivos de entrada como o rato e o teclado (Hinckley, Jacob e Ware 2004), e parte dos meios envolvidos no diálogo entre o humano e o computador (Mackinlay, Card e Robertson 1990).

“Input and output bridge the chasm between a computer’s inner world of bits, and the real world perceptible to the human senses.” (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 2)

“Abstractly, an input device is sensitive to user manipulation of physical properties in an input range, and it transduces a given input value into an output range.” (Mackinlay, Card e Robertson 1990, 155)

4.1.1. Taxonomia de dispositivos de entrada

Três taxonomias são apresentadas. A primeira, a taxonomia de Foley, Wallace e Chan²⁹ relaciona os dispositivos de entrada a tarefas; a segunda, de Buxton³⁰, relaciona os dispositivos às propriedades físicas que transduzem; finalmente, a taxonomia de Mackinlay, Card e Robertson³¹, estende a taxonomia de Buxton permitindo a descrição de dispositivos discretos, compostos e virtuais.

Foley, Wallace e Chan (1984), procuraram sistematizar os diferentes dispositivos de entrada existentes à data. Representaram por meio de um esquema em árvore as relações entre tarefas gráficas, dispostas nas raízes, e as diferentes tipologias de dispositivos de entrada, dispostas nas folhas.

A taxonomia de Buxton (1983), descreve o dispositivo de entrada como um transdutor de propriedades físicas – posicionamento, movimento e pressão - numa, duas ou três dimensões. A classificação de Buxton relaciona os dispositivos de entrada com as propriedades elementares (físicas e espaciais) que transduzem.

Baseando-se no esquema de Buxton (1983), Mackinlay, Card e Robertson (1990), procura identificar uma linguagem da manipulação, desde as propriedades de objectos físicos e espaço, passando pela manipulação dessas propriedades físicas, à entrega de informação carregada de significado a uma aplicação; e propõe, por sua vez, uma taxonomia de dispositivos de entrada capaz de descrever dispositivos discretos, compostos e virtuais; distinguir os movimentos rectilíneo e radial; assim como valores absolutos e relativos de posicionamento espacial e força.

“We extend Buxton’s scheme to describe discrete, composite, and virtual devices.” (Mackinlay, Card e Robertson 1990, 12)

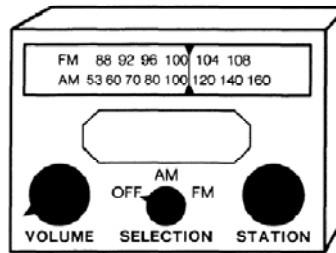
A taxonomia distingue as dimensões particulares num sistema de coordenadas em seis dimensões: operador de manipulação (M), domínio de entrada (In), estado (S), função de resolução (R), domínio de saída (OUT), e propriedades gerais (W).

29 (Foley, Wallace e Chan, The human factors of computer graphics interaction technique 1984)

30 (Buxton, Lexical and Pragmatic Considerations of Input Structures 1983, 31-37)

31 (Mackinlay, Card e Robertson, A Semantic Analysis of the Design Space of Input 1990, 145-190)

Figure 4. A simple radio that illustrates various input device



SelectorKnob is defined as
a rotation about the Z axis
between 0° and 90°
with a resolution that maps the continuous region
into the discrete set $\{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ\}$.

FIG. 16 Exemplificação da taxonomia de (Mackinlay, Card e Robertson 1990, 152-153)

As propriedades dos dispositivos ajudam o designer a entender o dispositivo e antecipar problemas. Importa considerar a natureza do sensoramento, o número de dimensões, o tipo de mediação, o tempo de aquisição, o ganho, a precisão e velocidade de indicação, ratio de erro, tempo de aprendizagem, conforto e custo (Hinckley 2008, 162)

4.1.2. Propriedades dos dispositivos de entrada directa

Os dispositivos de entrada podem efectuar dois tipos de mediação: directa ou indirecta. Os dispositivos de mediação indirecta, como o rato, actuam num plano distinto da simulação e obrigam a uma representação do espaço de influencia do utilizador na forma de um sujeito simbólico – um duplo do sujeito material representado pelo ponteiro do rato.

“A mouse is an indirect input device because the user must move the mouse to indicate a point on the screen, whereas a direct input device has a unified input and display surface.” (Hinckley 2008, 162)

Nos dispositivos de mediação directa, “[...] o espaço da interactividade coexiste com o dos objectos, e o acto resultante trata o corpo como um só.” (Vairinhos 2002, 72), sendo a interacção realizada directamente sobre os objectos.

Segundo Fitzmaurice (1995,1), os dispositivos podem também ser classificados “[...] as being space-multiplexed or time-multiplexed.” Nos dispositivos de entrada *space-multiplexed* “[...] each function to be controlled has a dedicated transducer, each occupying its own space.”, contrastando com os dispositivos de entrada *time-multiplexing* que usam “[...] one device to control different functions at different points in time.”

Exemplos de interacção *time-multiplexing* incluem os interfaces do paradigma GUI baseados na manipulação directa - mediada por dispositivos indirectos como o rato - de objectos. Já a tipologia *space-multiplexed* abrange sistemas como o Reactable³².

32 (Jordà, et al., The reacTable*: A Collaborative Musical Instrument 2003)

As propriedades físicas tipicamente sentidas por dispositivos de entrada são: a posição (e.g. *tablets*) o movimento (e.g. rato) e a força (e.g. joystick isométrico).

Os dispositivos de sensoramento de posição são dispositivos absolutos – reportam a posição actual e não o movimento - com os quais o utilizador consegue interagir usando o sentido kinestésico, contrariamente aos dispositivos de movimento relativos que dependem do sentido da visão para deslocar o cursor para uma área específica do ecrã, também conhecidos como dispositivos de indicação (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 7).

A performance dos dispositivos de indicação – indirectos e relativos – é medida e caracterizada pela *Lei de Fitts*³³ - um modelo do movimento humano na interação com computadores que prediz que o tempo necessário para mover rapidamente o sujeito simbólico para uma área alvo varia em função da distância e tamanho desse alvo (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 10)

“Fitts’ Law relates the movement time to point at a target, the amplitude of the movement (the distance to the target), and the width of the target (i.e., the precision requirement of the pointing movement). The movement time is proportional to the logarithm of the distance divided by the target width, with constant terms that vary from one device to another.” (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 10)

Os dispositivos de entrada podem medir uma ou mais dimensões lineares e angulares e permitem diferentes graus de liberdade: o rato, por exemplo, sente duas dimensões lineares de movimento num plano bi-dimensional, conferindo dois graus de liberdade ao utilizador; já os dispositivos de entrada 3D, sensíveis a três ou mais dimensões simultâneas de posicionamento especial ou orientação, conferem múltiplos graus de liberdade. (Hinckley 2008, 162)

Com dispositivos de entrada directos, caso seja usado apenas um dedo, os graus de liberdade são os mesmos que no uso do rato; com dois dedos o utilizador passa a ter quatro graus de liberdade; com o uso de todos os dedos torna-se possível uma aproximação à interação como é realizada no quotidiano (B. Buxton, Multi-touch systems that i have known and loved 2007).

Na manipulação de objectos bi-dimensionais sobre uma superfície, 16 graus de liberdade podem ser observados: “[...] ten degrees of freedom in motion lateral to the surface, five degrees of freedom in individual fingertip pressure or proximity to the surface, and one degree of freedom of thumb orientation.” (Westerman 1999, 252)

Para a determinação do estado de um dispositivo, deve ser disponibilizado ao utilizador os meios para que possa comunicar ao sistema sinais indicadores das suas intenções (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 11). Buxton (1990) propõe um modelo para o entendimento das transições entre três estados distintos – detecção, arrastamento e fora de alcance.

33 (Fitts, The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement 1954, 381-391)

"The Three-state model defines the discrete states of input devices which models transitions between three states: tracking, dragging, and out-of-range." (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 11)

Segundo o modelo de três estados de Buxton (1990), os dispositivos de entrada suportam em geral três estados possíveis: o estado 0, ou fora de alcance, em que o dispositivo encontra-se fora do alcance de detecção física; o estado 1, detecção, em que o movimento do dispositivo move somente o cursor; e o estado 2, em que o movimento do dispositivo move objectos no ecrã. Dispositivos de indicação, como o rato, operam nos estado 1, em que o feedback é dado pela posição do cursor no ecrã, e estado 2, que permite ao utilizador arrastar um objecto mantendo pressionado o botão primário do rato. Os dispositivos de entrada directa operam de modo diferente e com diferentes estados: o estado 1, de detecção, é inexistente e substituído pelo estado 0, fora de alcance; o estado 2, torna-se activo a partir do momento em que existe contacto com a superfície, voltando ao estado 0, fora de alcance quando o contacto é quebrado. (Buxton 1990, 7).

4.1.3. Reconhecimento gestual em dispositivos directos

Com os dispositivos de entrada directa existem apenas dois estados, um estado *fora-de-alcance*, em que o utilizador não tem qualquer contacto com o sistema, e um estado *selecção*, em que o utilizador pode mover objectos. Não existe por isso, um estado de *detecção*, ou repouso, ou então podemos considerar que o estado de *fora-de-alcance* coincide com o estado de *selecção*.

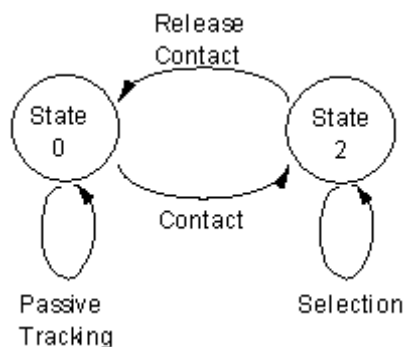


FIG. 17 Modelo de três estados para dispositivos de entrada directa State 0-2 Transition (Buxton 1990, 455)

"Direct input devices are devices where input takes place directly on the display surface [...] these devices have an important property: the pointing device itself (stylus or finger) is the tracking "symbol." What this means is that they "track" when out of range." (Buxton 1990, 455)

Os gestos podem ser detectados por diferentes sistemas de reconhecimento táctil, de forma directa (e.g touchscreen, multitouch) e indirecta (e.g touchpad, indirect table), com base em tecnologia táctil-sensorial ou por reconhecimento vídeo.

4.1.3.1. Entrada indirecta táctilo-sensorial

Os primeiros dispositivos táctilo-sensoriais são anteriores à era do computador³⁴. Foram incorporados durante a década de 40, foram incorporados sensores capacitivos semelhantes a *touchpads* em instrumentos musicais electrónicos para controlo som e música por Hugh Le Caine³⁵.

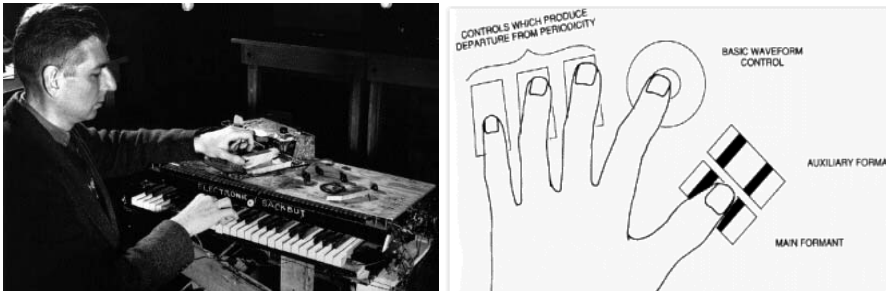
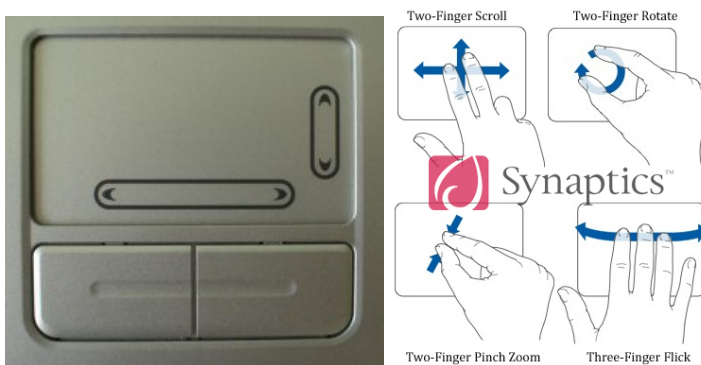


FIG. 18 Hugh Le Caine em 1948 com o Sackbut, actualmente reconhecido como o primeiro sintetizador voltaico. Cada dedo opera sobre um controlador sensível à pressão que permite o controlo de volume, pitch, e timbre.

Os touchpads são pequenas tabletes sensíveis ao toque usadas em portáteis. O tamanho reduzido da área de toque não possibilita um mapeamento completo do ecrã, sendo usado o modo relativo para controlo do cursor. No entanto, muitos *touchpads* têm um modo absoluto para acções de deslize, como *scroll* de página, ao longo dos limites da tablete. Os *touchpads* suportam o *click* por reconhecimento de gestos como *tapping* ou *doubletapping*, os quais podem ser accionados acidentalmente, sendo por isso o contacto acidental uma grande preocupação no recurso a *touchpads* (Hinckley 2008, 163). Actualmente, vários gestos são reconhecidos por dispositivos indirectos como o *Synaptics GestureSuite*³⁶.



34 (Buxton, Multi-touch systems that I have known and loved 2007) – <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>

35 Hugh Le Caine foi físico, compositor e inventor de instrumentos musicais electrónicos como o primeiro sintetizador. <http://www.hughlecaine.com/en/instruments.html>

36 (Synaptics Gesture Suite – Synaptics 2008) *Synaptics GestureSuite* - <http://www.synaptics.com/solutions/technology/gestures/touchpad>

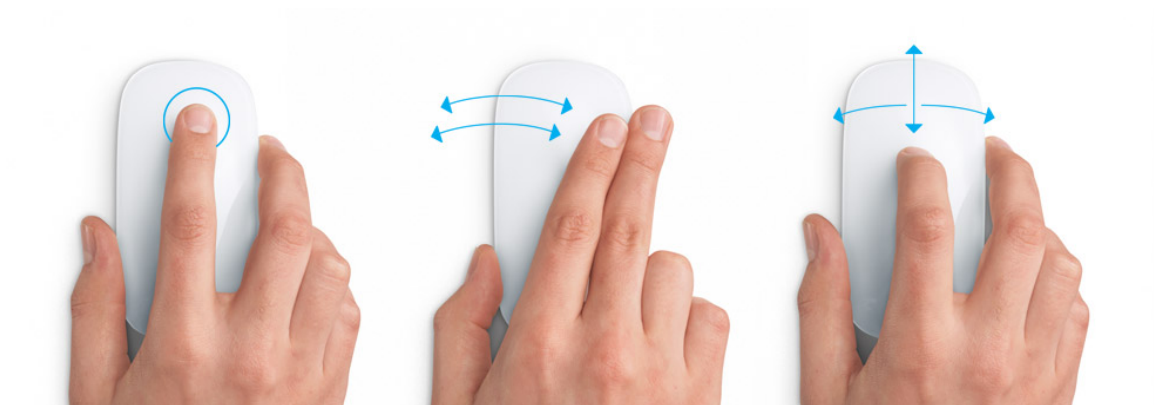
FIG. 19 *Touchpad* com modos relativo e absoluto e gestos reconhecidos pelo *Synaptics GestureSuite*

FIG. 20 O Magic Mouse da Apple - interações discretas (click e tap) e contínuas (pan)

Recentemente, a Apple Inc. lançou um rato com superfície dotada de reconhecimento óptico integrada. O *Magic Mouse*³⁷ consegue diferenciar os gestos de mão usados para manipular o dispositivo de indicação dos gestos realizados com a ponta dos dedos para interagir com a superfície. Este novo dispositivo de entrada indirecto reconhece gestos de pressão discreta para interações típicas de *click*; é capaz de diferenciar o uso de dois dedos e interpretar movimentos com dois graus de liberdade. Cada técnica de interação gestual pode ser personalizada para a realização de tarefas específicas como navegar no browser, manipular e editar objectos, magnificar janela navegação, manipulação ou magnificação de objectos no *browser* e janelas.

4.1.3.2. Entrada directa táctil discreta e contínua

Apesar da clara distinção entre dispositivos de entrada e de saída no campo da interação humano-computador, o quotidiano encontra-se repleto de objectos que servem simultaneamente para registar e apresentar conteúdo.

“A sheet of paper can be used to both record ideas (input) and display them (output). Clay reacts to the sculptor’s fingers yet also provides feedback through the curvature and texture of its surface.” (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 1)

Os sistemas informáticos actuais dependem tanto dos dispositivos de entrada (e.g. rato) como de dispositivos de saída (e.g. monitor), e torna-se notável a integração de saída e entrada em dispositivos de entrada/saída como as superfícies de contacto directo.

37 (Magic Mouse - Apple 2009) – <http://www.apple.com/pt/magicmouse>

“Indeed, the complete and seamless integration of input and output is becoming a common research theme in advanced computer interfaces such as ubiquitous computing (Weiser, 1991) and tangible interaction (Ishii & Ullmer, 1997).” (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 1)

Os dispositivos de entrada directa discreta, como o *touchscreen*, permitem ao utilizador operar directamente no ecrã, nesse sentido são dispositivos de entrada e saída em que o espaço da acção coincide com o espaço da informação (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 12).

“[...] a touchscreen is a direct input device (the display surface is also the input surface).” (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 12)

“A direct input device is a device that the user operates directly on the screen or other display to be controlled, such as a touch screen” (Hinckley, Jacob e Ware 2004, 59)



FIG. 21 Plato IV Touch Screen eriminal Computer-based Education Research Laboratory, University of Illinois, Urbana-Champaign

Durante a segunda metade da década de 60, foram desenvolvidos os primeiros *touchscreens* na IBM, na *Illinois University*, nos EUA, e na *Ottawa University*, no Canada³⁸.

Os *touchscreens* são tabletes transparentes sensíveis ao toque montadas sobre um ecrã. Actualmente, este tipo de dispositivo é usado essencialmente em caixas multibanco, quiosques virtuais e dispositivos móveis. São dispositivos que reconhecem apenas um ponto de contacto, e são incapazes de reconhecer múltiplos pontos de contacto realizados com mais dedos, nem o movimento de arrastamento para acções de *drag-and-drop*³⁹.

Os dispositivos de entrada directa táctil contínua podem reconhecer o movimento e são frequentemente confundidas com dispositivos multi-tácteis. No entanto, apenas proporcionam

38 (Buxton, Multi-touch systems that I have known and loved 2007) – <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>

39 O drag-and-drop consiste na acção de click sobre um objecto virtual com arrastamento para outra posição ou outro objecto virtual.

uma interação *time-multiplexed* como o rato. Buxton refere-se a esse tipo de interação como *multi-point*⁴⁰. Os dispositivos multi-tácteis são totalmente diferentes porque reconhecem a presença e movimento de todos os dedos de ambas as mãos. Permitem acima de tudo que diferentes gestos possam ser usados como transdutores dedicados para a realização de tarefas específicas em *space-multiplexed*.

4.1.3.3. Entrada directa multi-táctil

O primeiro sistema multi-táctil, desenvolvido por Nimish Mehta (1982), era constituído por um painel de vidro fosco cujas propriedades ópticas permitiam o reconhecimento do corpo como uma mancha preta sobre um fundo branco⁴¹.

Apenas um ano depois Marion Krueger (1983) conseguiu implementar um sistema de reconhecimento vídeo multi-táctil com integração de técnicas de interação gestual.

O Videoplace⁴² de Marion Krueger (1983) é um sistema de vídeo capaz de detectar as mãos e permitir uma interação com todos os dedos. Na realidade, o sistema detecta a silhueta do utilizador que interage directamente com os objectos mesmo sem estar em contacto com a superfície. Muitos dos gestos usados actualmente em sistemas multi-tácteis podem ser vistos no vídeo⁴³ de 1988, com destaque para o gesto *pinch* usado para magnificar objectos.



FIG. 22 Técnica de interação do Videoplace de Maryon Krueger (1983) usada no iPhone da Apple

40 (Buxton, Multi-touch systems that I have known and loved 2007) – <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>

41 (Buxton, Multi-touch systems that I have known and loved 2007) – <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>

42 (Krueger, Gionfriddo e Hinrichs, VIDEOPLACE - An artificial reality 1985)

43 Videoplace – <http://youtube.com/watch?v=dmmxVA5xhuo>, 20-04-2009; 18:20

“Developed in the late 1970’s and early 80’s, videoplace uses real time image processing of live video of the user. Background subtraction and edge detection are used to create a silhouette of the user and relevant features identified. The feature recognition is sufficiently fine to distinguish between hands and fingers, whether fingers are extended or closed, and even which fingers. With this capability, the system has been programmed to perform a number of interactions, many of which closely echo our use of gesture in the everyday world.” (Billinghurst e Buxton 2008, 7)

Apesar de ser uma das primeiras aplicações de tecnologia de reconhecimento gestual, o detalhe da detecção era elevado, e permitia a distinção entre mãos e dedos através do processamento de imagem em tempo real de vídeo da silueta do utilizador pela subtracção do fundo e detecção de contornos.

Outro sistema de grande importância é o Digital Desk de Pierre Wellner (1991), com a integração de técnicas de interação gestual na manipulação e edição de conteúdos.

O DigitalDesk⁴⁴ de Pierre Wellner (1991) consiste num sistema de projecção frontal com recurso a técnicas ópticas e acústicas para reconhecer ambas as mãos e dedos, assim como papel e dados. O utilizador pode interagir com os conteúdos impressos nas folhas e transpô-los para um interface com operadores lógicos idênticos a uma máquina calculadora. O vídeo de demonstração⁴⁵, realizado em 1992-1993 por engenheiros da Xerox, demonstra com clareza conceitos de interação multi-táctil como o *pinch* de Krueger (1983) e a translacção de objectos gráficos por multiponto.

Recentes protótipos demonstram a captura da forma da mão em contacto com uma superfície⁴⁶, múltiplos pontos de contacto⁴⁷, identificação dos pontos de contacto por utilizador⁴⁸, ou mesmo imagens de objectos colocados sobre ou próximo da superfície⁴⁹.

Actualmente, várias tecnologias de reconhecimento óptico permitem interação multitáctil e desfrutam de grande popularidade por terem baixo custo, serem fáceis de implementar e adequarem-se a diferentes escalas (NUI Group 2009, 2).

As tecnologias de reconhecimento óptico como *Stereo Vision*, *Overhead cameras*, *Frustrated Total Internal Reflection*, *Front and Rear Diffused Illumination*, *Laser Light Plane*, and *Diffused Surface Illumination* são exemplos de sistemas baseados em tecnologia óptica. Consistem num

44 (Wellner, The DigitalDesk Calculator: Tangible Manipulation on a Desk Top Display 1991)

45 *Digital Desk* – <http://video.google.com/videoplay?docid=5772530828816089246>, 05-10-2009; 00:05

46 (Wilson, TouchLight: An Imaging Touch Screen and Display for Gesture-Based Interaction 2005)

47 (Han, Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection 2005)

48 (Dietz e Leigh, DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology 2003)

49 (Matsushita e Rekimoto, HoloWall: Designing a Finger, Hand, Body, and Object Sensitive Wall 1997)

sensor óptico alterado de modo a detectar apenas a luz infravermelha, combinado com um conjunto de fontes de luz infravermelha para detecção do contacto e movimentos de dedos e mãos, e num feedback visual na forma de projecção ou LCD (NUI Group 2009, 2).

Algumas dessas técnicas, como o FTIR (Frustrated Total Internal Reflaction) usada por Jeff Han (2005), o Front DI (Front Diffused Illumination) usada por Pierre Wellner no DigitalDesk⁵⁰ são usadas especificamente com dedos e não permitem o reconhecimento de objectos ou fiduciais. Já as técnicas de Rear DI e DSI são usados para reconhecimento de objectos, códigos de barras e fiduciais, como no Microsoft Surface⁵¹ Reactable⁵².

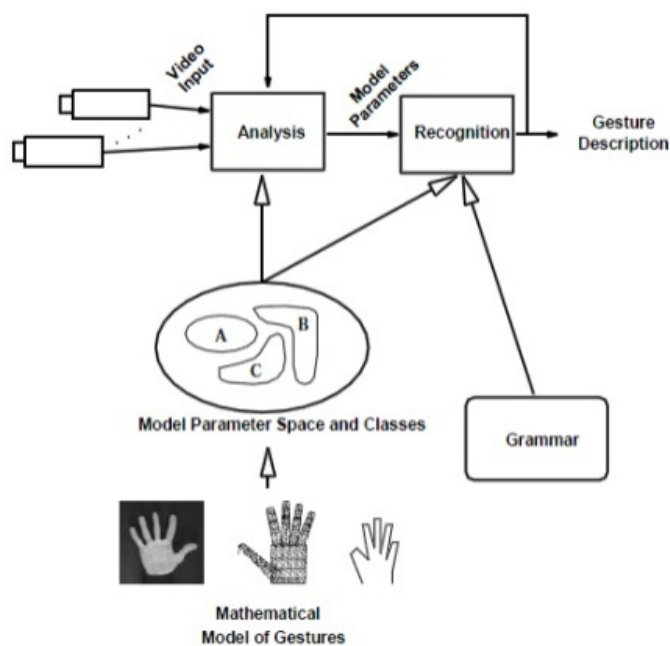


FIG. 23 “Block diagram of vision based gesture interpretation system” (Pavlovíc, Sharma e Huang 1997, 4)

O reconhecimento de gestos de mão requer o estabelecimento de um modelo matemático de gestos, uma leitura e parametrização do sinal de vídeo e de uma gramática que reflecta a sintaxe interna de comandos gestuais e possibilite a integração com outras modalidades de entrada. (Pavlovíc, Sharma e Huang 1997, 4).

50 (Wellner, The DigitalDesk Calculator: Tangible Manipulation on a Desk Top Display 1991)

51 (Microsoft Surface, 2007) – <http://www.microsoft.com/surface>

52 (Jordà, et al., The reacTable*: A Collaborative Musical Instrument 2003)

4.2. Gestualidade

Existem vários comportamentos humanos que envolvem movimentos da mão e gestos - para comunicar informação, manipular objectos físicos ou recolher informação.

Procura-se neste capítulo reflectir sobre o papel do gesto na comunicação humana e identificar as categorias e atributos gestuais. Neste capítulo é dada uma definição do gesto e uma descrição sucinta da anatomia da mão e da dinâmica gestual.

São também apresentadas três taxonomias de gestos – de Cadoz⁵³ no contexto da musicalidade, de Quek⁵⁴ e Woobrock⁵⁵ no contexto da interacção.

4.2.1. Antropometria da mão

A mão humana é constituída por 27 ossos, divididos em três grupos: carpo, metacarpo e falange. Cada mão oferece um total de 29 graus de liberdade de movimento, 23 das quais possíveis nas articulações dos dedos depois do pulso, as restantes 6 resultantes da posição e orientação medida a partir do centro da palma da mão (Pavlovíc, Sharma e Huang 1997, 11).

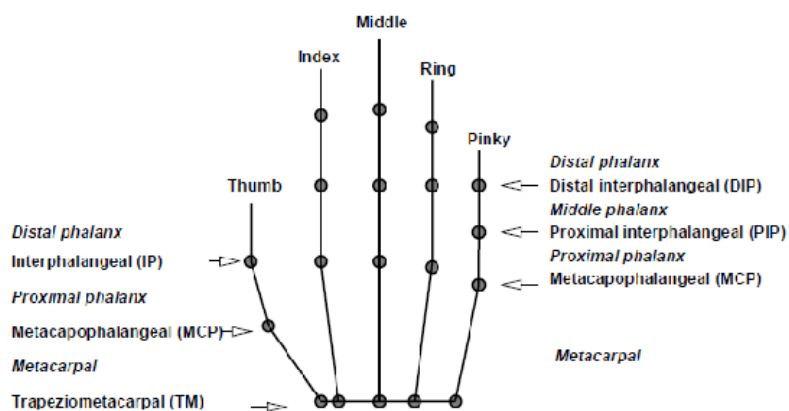


FIG. 24 Modelo da mão humana baseado no esqueleto (Pavlovíc, Sharma e Huang 1997, 4)

As articulações têm diferentes graus de liberdade: o Trapeziometacarpal no pulso e o Metacarpofalangeal no polegar, têm dois graus de liberdade (extensão/flexão e adução/abdução); o Distal e Proximal interfalangeal apenas um grau de liberdade (extensão/flexão) (Pavlovíc, Sharma e Huang 1997, 11).

⁵³ (Cadoz e Wanderley, *Gesture - Music* 2000)

⁵⁴ (Quek, *Toward a Vision-based Hand Gesture Interface* 1994, 17-31)

⁵⁵ (Woobrock, Morris e Wilson, *User-defined gestures for surface computing* 2009, 1083-1092)

Cada mão tem 23 graus de liberdade de movimento pelas articulações de todos os dedos combinados. Na manipulação de objectos bi-dimensionais sobre uma superfície, 16 graus de liberdade podem ser observados: “[...] ten degrees of freedom in motion lateral to the surface, five degrees of freedom in individual fingertip pressure or proximity to the surface, and one degree of freedom of thumb orientation.” (Westerman 1999, 252)

4.2.2. Dinâmica gestual

Cadoz e Wanderley (2000), referem que o movimento humano pode ser distinguido ao nível do comportamento físico, segundo a origem – movimentos activos e passivos; ou segundo a natureza performativa – movimentos reflexivos, automáticos e intentionais. A realização de um movimento pode ser induzida ou auto-iniciada e o objectivo estar ou não definido. A execução do gesto pode ser discreta, rítmica ou contínua; depender de apenas uma ou várias articulações – mono-articular ou pluri-articular; pode ou não desencadear uma resposta do sistema – *feedback*; produzir força (isotónico), ou deslocação (isométrico). (Cadoz e Wanderley 2000, 74-75)

Segundo Pavlovic et al (1997), os gestos humanos são um processo dinâmico, e as considerações em torno da temporalidade e dinâmica gestual ajudam na diferenciação dos gestos de outros movimentos não intencionais.

Decompondo o processo que orienta a pessoa da intenção ao acto, são identificados segmentos temporais. O sistema tem que poder diferenciar os gestos acidentais dos intencionais, assim como as várias fases de natureza estática e dinâmica, de activação e controlo respectivamente (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 7).

“Human gestures are a dynamic process. Therefore, the issue of temporal, dynamic, characteristics of gestures is of a very practical nature. It helps us resolve the problem of temporal segmentation of gestures from other unintentional hand arm movements” (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 7)

Pavlovic, Sharma e Huang (1997) sugerem um conjunto de regras para a determinação da segmentação temporal de gestos, formulado na seguinte proposição: o intervalo gestual consiste em três fases: preparação, acção e retracção; a postura da mão durante a acção segue um trajecto classificável no parâmetro espacial; os gestos são confináveis a um volume espacial específico (área de trabalho); movimentos repetitivos da mão são gestos; os gestos manipulativos têm intervalo maior que os gestos comunicativos.

4.2.3. Taxonomia gestual

Segundo Pavlovic et al (1997), a taxonomia a que pertence um gesto é determinante na relação entre as dimensões espaciais e temporais da execução gestual. Pavlovic et al (1997) sugerem a seguinte definição do gesto:

⁵⁶ “Let $h(t) \in S$ be a vector that describes the pose of the hands and or arms and their spatial position within an environment at time t in the parameter space S . A hand gesture is represented by a trajectory in the parameter space S over a suitably defined interval.” (Pavlovic, et al 1997, 6)

“Taxonomy of gestures largely influences the way parameter space S and gesture interval I are determined.” (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 7)

Diferentes taxonomias existem para ajudar a clarificar o papel do gesto de mão em diferentes contextos. Serão apresentadas três taxonomias: a taxonomia de Cadoz ⁵⁷ no contexto da gestualidade instrumental e as taxonomias de Quek ⁵⁸ e Wobbrock, Morris e Wilson ⁵⁹ no contexto da interação humano-computador.

Segundo a taxonomia de Cadoz (2000), o gesto pode ser classificado segundo as funções ergótica, epistémica, semiótica, combináveis na gestualidade instrumental utilizada na interação com instrumentos. Com a função ergótica “[...] there is no communication of information but only energy communication between the hand and the object.” A função epistémica diferencia-se da função ergótica sendo tipicamente realizada “[...] by our capacity of touch and muscular/articulatory sensitivity.” A função semiótica é a função gestual *per se*, associada ao gesto de mão livre, cujo intento é a comunicação e construção de significado - engloba a linguagem gestual, a gestualidade natural, a gesticulação, e a pantomímica. (Cadoz e Wanderley 2000, 78)

A gestualidade instrumental engloba as actividades que dependem do uso de ferramentas para condução de informação, como a escrita e desenho, ou produção musical. A ferramenta é nesse caso, “[...] a conditioning agent for those gestures, determining the nature of the information conveyed by the user (a combination of the tool's properties and the user's intentions).” (Cadoz e Wanderley 2000, 79)

O gesto instrumental engloba as funções ergótica - energia transmitida do corpo para o objecto e reacção do objecto para o corpo; epistémica – envolvimento da percepção tátil e cinestésica; e semiótica – mensagem dirigida a uma audiência capaz de ajuizar sobre a informação transmitida.

⁵⁶ O vector $h(t) \in S$ descreve a postura das mãos e/ou braços e a posição espacial de ambos num meio com o tempo t no parâmetro de espaço S . O gesto de mão é representado pela trajectória no parâmetro de espaço S sobre um definido intervalo.

⁵⁷ (Cadoz e Wanderley, Gesture - Music 2000)

⁵⁸ (Quek, Toward a Vision-based Hand Gesture Interface 1994, 17-31)

⁵⁹ (Wobbrock, Morris e Wilson, User-defined gestures for surface computing 2009, 1083-1092)

"Instrumental gesture is considered as a "communication modality" complementary to empty-handed gestures. They are therefore singular in that they possess, à la fois, all three characteristics of the gestural channel: ergotic, epistemic and semiotic." (Cadoz e Wanderley 2000, 79)

Segundo Cadoz (1988), o gesto instrumental tem por base os gestos de excitação, modificação ou selecção e representam as funções gerais presentes "[...] in instrument manipulation techniques that may be found in different instrumental situations." (Cadoz 1988)

O gesto com função de excitação pode ser instantâneo - o efeito é produzido quando o gesto termina; ou contínuo - o efeito co-existe com o gesto. O gesto de modificação pode actuar directamente sobre propriedades do instrumento - caso ocorra uma variação contínua sobre um parametro; ou efectuar uma modificação estrutural - caso ocorra a inserção/remoção de componentes do sistema. Para terminar, o gesto de selecção possibilita a escolha sequencial ou paralela entre múltiplos elementos similares de um instrumento (Cadoz 1988, 8-9)

Pavlovic, Sharm e Huang (1997), sugerem que a taxonomia "[...] that seems most appropriate for HCI purposes was recently developed by Quek." (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 5)

Segundo Kurtenbach e Hulteen (1990), o gesto é o movimento do corpo que contém informação e é usado, no âmbito da interacção humano-computador, para a realização de tarefas que mimetizam o uso natural da mão como manipulador, e na comunicação humano-máquina.

A taxonomia de Quek (1994), distingue os movimentos de braço ou mão intencionais dos não-intencionais. Os movimentos intencionais são considerados gestos, que por sua vez servem propósitos diferentes, de manipulação ou comunicação.

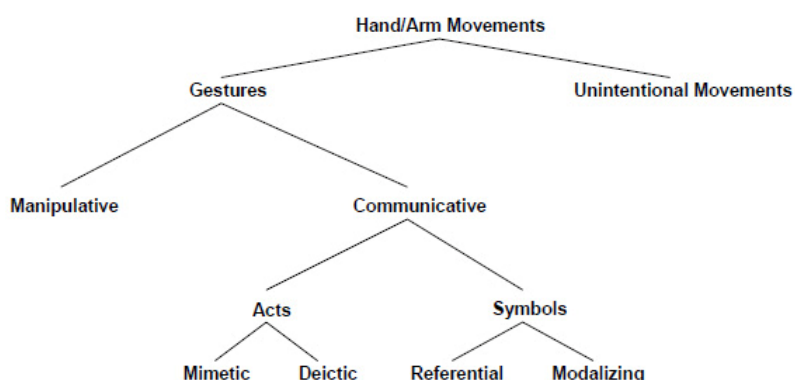


FIG. 25 Taxonomia de Quek adaptada por (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 47)

Os gestos manipulativos são aqueles cujo propósito "[...] is to control some entity by applying a tight relationship between the actual movements of the gesturing hand/arm with the entity being manipulated." (Quek 1994, 47)

“Manipulative gestures are the ones used to act on objects in an environment (object movement, rotation, etc.) ”
(Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 6)

A manipulação varia no grau de liberdade e dimensão: de dois graus de liberdade para interações em duas dimensões, como os interfaces de secretária multiponto; de múltiplos graus de liberdade para interações em duas dimensões, como nas superfícies multitácteis. A acção pode ocorrer em *desktop*, com interações em duas dimensões - através da manipulação directa de dispositivos de entrada como o rato ou a caneta digital; ou com interações em três dimensões - envolvendo movimentos de mão livre que mimetizam a manipulação de objectos físicos em realidade virtual, ou pela manipulação de objectos físicos que mapeiem objectos virtuais como os *tangible user interface* (Karam 2005, 5).

“Manipulations can occur both on the desktop [...] or by manipulating actual physical objects that map onto a virtual object in tangible interfaces. (Karam 2005, 5)

Os gestos comunicativos podem representar actos (miméticos ou deíticos) ou símbolos (referenciais ou modeladores) . O gesto comunicativo tem um propósito comunicacional inerente, ganhando expressão no acto performativo de imitação ou indicação, ou na representação simbólica referente a acções ou fenómenos de natureza física. (Karam 2005, 7)

“Communicative gestures can be either acts or symbols. Symbols are those gestures that have a linguistic role. They symbolize some referential action (for instance, circular motion of index finger may be a referent for a Wheel) or are used as modalizers, often of speech (Look at that wing! and a modalizing gesture specifying that the wing is vibrating, for example).” (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 7)

Outra taxonomia de gestos de superfície é proposta por (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 4)

TAXONOMY OF SURFACE GESTURES		
Form	<i>static pose</i>	Hand pose is held in one location.
	<i>dynamic pose</i>	Hand pose changes in one location.
	<i>static pose and path</i>	Hand pose is held as hand moves.
	<i>dynamic pose and path</i>	Hand pose changes as hand moves.
	<i>one-point touch</i>	Static pose with one finger.
	<i>one-point path</i>	Static pose & path with one finger.
Nature	<i>symbolic</i>	Gesture visually depicts a symbol.
	<i>physical</i>	Gesture acts physically on objects.
	<i>metaphorical</i>	Gesture indicates a metaphor.
	<i>abstract</i>	Gesture-referent mapping is arbitrary.
Binding	<i>object-centric</i>	Location defined w.r.t. object features.
	<i>world-dependent</i>	Location defined w.r.t. world features.
	<i>world-independent</i>	Location can ignore world features.
	<i>mixed dependencies</i>	World-independent plus another.
Flow	<i>discrete</i>	Response occurs <i>after</i> the user acts.
	<i>continuous</i>	Response occurs <i>while</i> the user acts.

FIG. 26 Taxonomia de gestos de superfície baseado em 1080 gestos (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 1087)

A classificação é feita ao longo de quatro dimensões como pode ser visto na tabela 1: a forma do gesto; a natureza do gesto; a relação do gesto com os elementos do interface; e o fluir do gesto.

Na taxonomia de Wobbrock, Morris e Wilson, a forma do gesto depende do acorde gestual, ou seja da pose da mão, da variação dessa pose, e do movimento da mão. Destacam-se os gestos realizados com um só dedo – são os gestos usados nos sistemas multi-ponto e simulam as acções dos dispositivos de indicação.

“Onepoint touch and one-point path are special cases of static pose and static pose and path, respectively. These are worth distinguishing because of their similarity to mouse actions.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 4)

A natureza do gesto pode ser simbólica – depicção visual de um símbolo; física – correspondência com o quotidiano; metafórica – correspondência com um domínio do conhecimento do utilizador; ou abstracta – sem qualquer tipo de relação simbólica, física ou metafórica com o referente.

“In the nature dimension, symbolic gestures are visual depictions. [...] Physical gestures should ostensibly have the same effect on a table with physical objects [...] Metaphorical gestures occur when a gesture acts on, with, or like something else [...] abstract gestures have no symbolic, physical, or metaphorical connection to their referents.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 4)

A relação do gesto com os elementos do interface pode ser cêntrica ao objecto, dependente ou independente do ambiente de trabalho, ou mixa.

“In the binding dimension, object-centric gestures only require information about the object they affect or produce [...] World-dependent gestures are defined with respect to the world [...] World-independent gestures require no information about the world, and generally can occur anywhere. [...] mixed dependencies occur for gestures that are worldindependent in one respect but world-dependent or objectcentric in another.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 4-5)

O fluir do gesto pode ser discreto – se o gesto “[...] is performed, delimited, recognized, and responded to as an event. [...]” ou contínuo “[...] if ongoing recognition is required.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 5)

4.3. Técnicas de interação gestual

Neste capítulo são apresentadas técnicas de interação gestual nos domínios natural/físico, simbólico, metafórico, abstracto, bi-manual e instrumental.

As técnicas de interação baseadas no paradigma de Command Line Input assentam na entrada de linhas de comando através do teclado, com acesso directo à totalidade de funções e operações disponíveis sem mapeamento. As técnicas de interação por manipulação directa - generalizada no Graphical User Interface - baseiam-se na metáfora da secretária e na activação

de funções pela acção de indicação sobre elementos pictóricos. Com o novo paradigma emergente, a interação deixa de ser mediada por um dispositivo de indicação indirecto.

Segundo Hinckley (2008), uma técnica de interação consiste num modo de utilização de dispositivos físicos de entrada e saída para a realização de tarefas genéricas pelo diálogo humano-computador.

O design de dispositivos de entrada e de técnicas de interação pode ajudar a estruturar o interface de maneira a que haja uma correspondência mais directa “[...] between the user’s tasks and the low-level syntax of the individual actions that must be performed to achieve those tasks.” **Pelo que a escolha do dispositivo e da técnica de interação influencia directamente** “[...] the steps required of the user and hence the apparent complexity of an interface design (Buxton 1986 in Hinckley 2008, 165)

Segundo Buxton⁶⁰, a interação gestual de superfície pode ser conseguida com dispositivos de entrada capazes de suportar movimento por contacto múltiplo, seja por múltiplos pontos com técnicas idênticas às usadas com dispositivos de indicação, ou por múltiplos contactos, através de técnicas que envolvem todos os dedos da mão.

Como vimos, a taxonomia de Wobbrock, Morris e Wison (2009) sugere que a natureza do gesto pode ser física/natural, abstracta, simbólica ou metafórica. Por outro lado, Buxton e Myers (1986) referem os benefícios da interação bi-manual. Finalmente, Beaudoin-Lafon (2000) propõe um modelo de interação fundamentado no uso de instrumentos do mundo físico.

A interação natural é frequentemente associada aos gestos manipulativos usados no quotidiano. (Pavlovíc, Sharma e Huang 1997, 23)

A **interação gestual natural** é conseguida quando existe uma correspondência directa entre o movimento da mão e o *feedback* proporcionado pelo sistema. Da mesma forma que manipulamos objectos no quotidiano. Wobbrock, Morris e Wilson (2009) refere-se a essa categoria de gestos como “físicos”, visto que o gesto age fisicamente sobre o objecto.

Billinghurst e Buxton referem que ao nível mais elementar e simples “[...] effective gesture interfaces can be developed which respond to natural gestures, especially dynamic hand motion.” (Billinghurst e Buxton 2008, 6)

60 (Buxton, Multi-touch systems that I have known and loved 2007) – <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>

Um dos melhores exemplos de interface que responde a gestos naturais pelo movimento dinâmico da mão é o Theremin (Billinghurst e Buxton 2008, 5)



FIG. 27 O Theremin na Capa do Jornal Science and Invention (Secor 1927)

O Theremin foi um dos primeiros interfaces gestuais capaz de proporcionar uma interação natural. Foi desenvolvido durante os anos 20 pelo professor Leo Theremin no Instituto Fisicotécnico de Leningrado, antiga São Petersburgo, e consiste num instrumento musical electrónico baseado no princípio de superimposição de frequências eléctricas⁶¹.

Segundo Buxton e Billinghurst (2008), o Theramin é bem sucedido porque existe “ [...] a direct mapping of hand motion to continuous feedback, enabling the user to quickly build a mental model of how to use the device.” (Billinghurst e Buxton 2008, 6)

A música é controlada pelo controlo ortogonal de duas dimensões primárias usando um sistema de controlo sem pontos de referência fixos. As mãos operam de um modo subtil para articular passos num espaço de controlo contínuo relativamente a dois sensores de proximidade, um vertical e outro horizontal. A proximidade com o sensor vertical controla o “pitch”, o horizontal, o volume (Billinghurst e Buxton 2008, 7).

A interação gestual abstracta faz-se pela correspondência de comandos a formas gestuais arbitrárias (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 4). Interfaces desse tipo requerem a aprendizagem dessa correspondência – a apreensão de um léxico ou código.

Alguma confusão pode emergir da nova taxonomia de Wobbrock, Morris e Wilson (2009). Esse tipo de interação gestual tem sido frequentemente referida como simbólica, por consistir em gestos

61 (Secor, Hands Create Radio Music (Theremin) 1927)

comunicativos⁶² pré-apreendidos. No entanto, de acordo com a taxonomia de Wobbrock, Morris e Wilson (2009), os gestos simbólicos são considerados gestos de representação, como desenhar um “ponto de interrogação” para activar o menu de ajuda, por exemplo. Por isso, os próximos parágrafos referem-se à interação gestual abstracta e não à simbólica, apesar de vários autores terem usado esse termo para se referirem aos gestos não-manipulativos e comunicativos.

“Symbolic gesture interfaces are often used in immersive virtual environment where the user cannot see the real world to traditional input devices. In this setting there are typically a set of pre-trained gestures used for navigation through the virtual environment and interaction with virtual objects.” (Billinghurst e Buxton 2008, 9)

Os novos *Macbook Pro* reconhecem gestos abstractos nos touchpads. Esses gestos são baseados no dicionário de gestos da Apple, o Multi-Touch Gesture Dictionary⁶³, que consiste numa aplicação para atribuição de gestos simbólicos acórdicos a funções do sistema, e é em grande parte baseado no trabalho de Weisterman⁶⁴ e Elias na Fingerworks. O léxico de gestos proposto por Weisterman e Elias pretende reproduzir as tarefas realizadas por manipulação directa em GUI como o Windows através de gestos simbólicos – o sistema reconhece cada um desses gestos e realiza o comando correspondente.

Combinações de dedos associados a movimento possibilitam a realização de tarefas como maximizar janelas pela deslocação para frente/topo dos dedos polegar, mínimo, anelar e médio; *Zoom in* pela contracção dos cinco dedos da mão e extensão, e *Zoom out* pela contracção; confirmação pelo gesto curvilíneo para a direita com o dedo polegar e médio e cancelar com a mesma configuração mas para o lado esquerdo.

62 (Quek, Toward a Vision-based Hand Gesture Interface 1994, 17-31)

63 (Elias, Westerman e Haggerty, Multi-touch Gesture Dictionary – US 2007/0177803 A1 2007)

64 Westerman, Hand Tracking, Finger Identification, and Chordic Manipulation on a Multi-Touch Surface 1999)

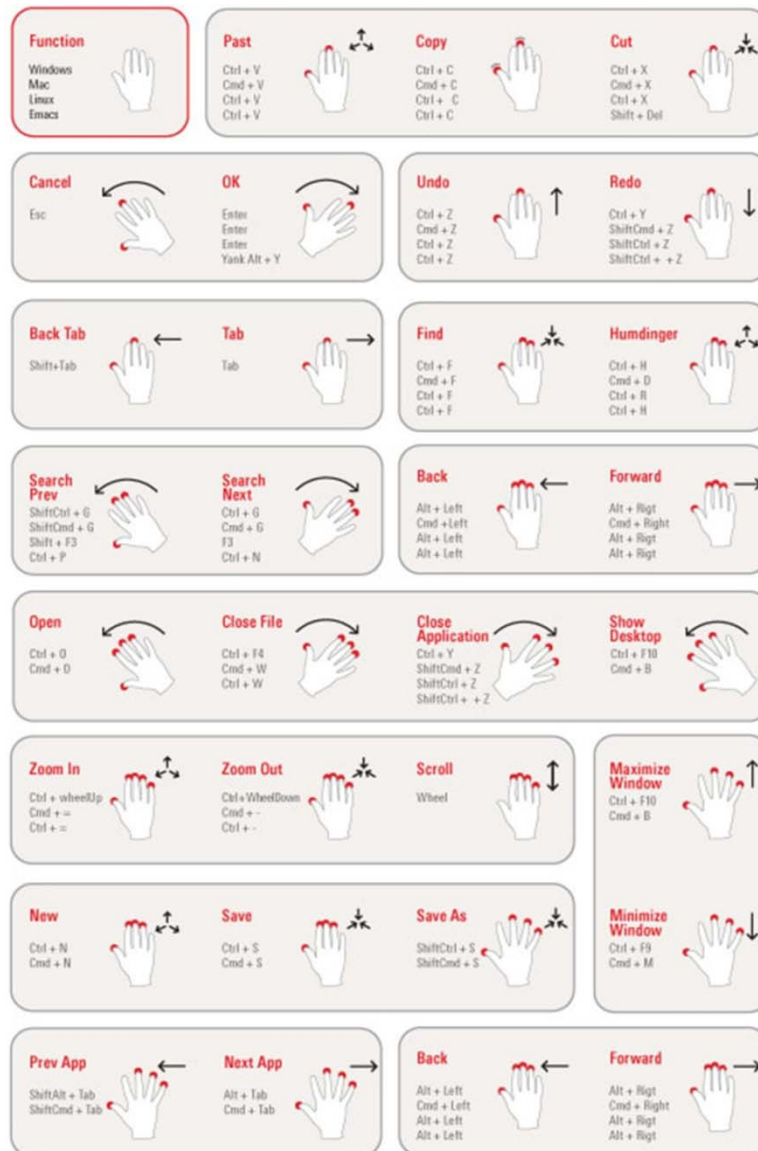


FIG. 28 Exemplo de Léxico gestual desenvolvido pela Fingerworks

Podemos considerar que o léxico gestual proposto pela Fingerworks recorre a esquemas imagéticos do domínio do conhecimento familiar e cultural do utilizador, essencialmente no movimento, (e.g avançar para a direita, recuar para a esquerda). No entanto, e para além das considerações relativas à especificidade do sentido da leitura, neste caso ocidental, o utilizador tem grandes dificuldades em formar um modelo mental da pose, ou acorde gestual, por este não encontrar uma correspondência directa com o domínio familiar do conhecimento.

Resumindo, parece provável que as técnicas de interação propostas pela Fingerworks sejam metafóricas na componente dinâmica e maioritariamente abstractas na pose, ou combinação de dedos num acorde.

Billinghurst e Buxton (2008) alertam para os problemas que o uso de gestos simbólicos, leia-se abstractos, acarreta: os interfaces simbólicos não são auto-reveladores e forçam, por isso, o utilizador a saber de antemão o conjunto de gestos que o sistema é capaz de reconhecer; para além disso, o sistema tem dificuldade em reconhecer, segmentar e diferenciar os gestos intencionais do utilizador dos gestos não intencionais.

“[...] gesture interfaces are not self-revealing, forcing the user to know beforehand the set of gestures that the system understands.” (Billinghurst e Buxton 2008, 9)

“There is also a segmentation problem, in that tracking systems typically capture all of the user’s hand motions so any gestural commands must be segmented from this continuous stream before being recognized.” (Billinghurst e Buxton 2008, 10)

A interação gestual simbólica, segundo a taxonomia de Wobbrock, Morris e Wilson (2009), agrega a pose de mão e o desenho de símbolos convencionados na comunicação humano-humano ou humano-computador.

[...] symbolic gestures are visual depictions. Examples are tracing a caret (“^”) to perform insert, or forming the “O.K.” pose on the table for accept.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 4)

Estes são gestos diferentes dos abstractos pois encontram uma correspondência com o conhecimento familiar do utilizador, no modo como referem convenções.

A interação gestual metafórica ocorre “[...] when a gesture acts on, with, or like something else.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009). Exemplos deste tipo de interação incluem [...] tracing a finger in a circle to simulate a “scroll ring,” using two fingers to “walk” across the screen, pretending the hand is a magnifying glass, swiping as if to turn a book page, or just tapping on an imaginary button.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 4)

A principal consideração em torno da interação gestual metafórica é não ser auto-reveladora e a sua interpretação depender do modelo mental do utilizador.

“[...] the gesture itself usually is not enough to reveal its metaphorical nature; the answer lies in the user’s mental model.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 4)

A interação com o quotidiano faz-se com o uso das duas mãos. No entanto, e apesar das pessoas conseguirem efectuar com sucesso manipulação com ambas as mãos coordenadas ou separadas, os cenários de entrada de um computador assumem, exceptuando o teclado, o uso de apenas uma mão (Buxton e Myers 1986).

“os interfaces tiram pouco proveito da mão *não-preferida* a não ser para tarefas de escrita com o teclado” (Buxton e Myers 1986, 11)

A primeira publicação sobre interação bi-manual data de 1986 e é da autoria de William Buxton e Brad Myers⁶⁵. O artigo demonstra a realização de tarefas de posicionamento/ escala, e selecção/navegação controladas bi-manualmente, e também descreve a interação bimanual como a modalidade de entrada que possibilita a realização de tarefas compostas, pela manipulação simultânea de objectos com duas mãos usando o modelo de corrente cinemática de Guiard (1987), que sugere que a mão não- dominante terá evoluído de forma a funcionar como quadro dinâmico de referência para os movimentos da mão-dominante.

Segundo a teoria da corrente cinemática de Guiard⁶⁶ a atribuição de papéis às mãos faz-se de forma a que a mão não-preferida defina um quadro de referência para a acção da mão preferida.

A investigação do domínio da interação bi-manual é motivada por três vantagens apontadas por Buxton et al. (2005).

- A redução do tempo usado no movimento – operações paralelas (movimento e escalamento simultâneo); redução do tempo necessário na alternância de tarefas.
- Outra das vantagens da entrada bimanual é permitir recorrer aos gestos do quotidiano com as duas mãos como metáforas para a interação humano-computador, de forma a assistir na aprendizagem de um estilo de interação.
- Outra vantagem da entrada bi-manual é a expressividade – a capacidade da técnica de interação em possibilitar a exploração rápida de soluções e navegação eficaz pelo utilizador. A expressividade aumenta o alcance e velocidade das iterações durante a exploração do campo da solução. Desta forma, a entrada bi-manual resulta numa maior performance do que a interação manual para a realização de tarefas que requerem manipulação de conteúdos mais interactiva.

“We provide evidence that the bimanual technique has better performance than the unimanual technique and, as the task becomes more cognitively demanding, the bimanual technique exhibits even greater performance benefits. We argue that the design principles and performance improvements are applicable to other task domains.” Buxton et al. (2005, 2)

Os laboratórios *Mitsubishi Electric Research Laboratories* de Cambridge, em conjunto com o *Department of Computer Science* da universidade de Toronto, desenvolveram em 2006⁶⁷, um

⁶⁵ (Buxton & Myers, A study in two-handed input, 1986)

⁶⁶ (Guiard, Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model 1987, 486-517)

conjunto de técnicas de interação bi-manual baseando-se num modelo conceptual em torno das diferentes fases de uma operação gestual: o registo gestual, o relaxamento gestual e a reutilização/transformação do gesto e da ferramenta.

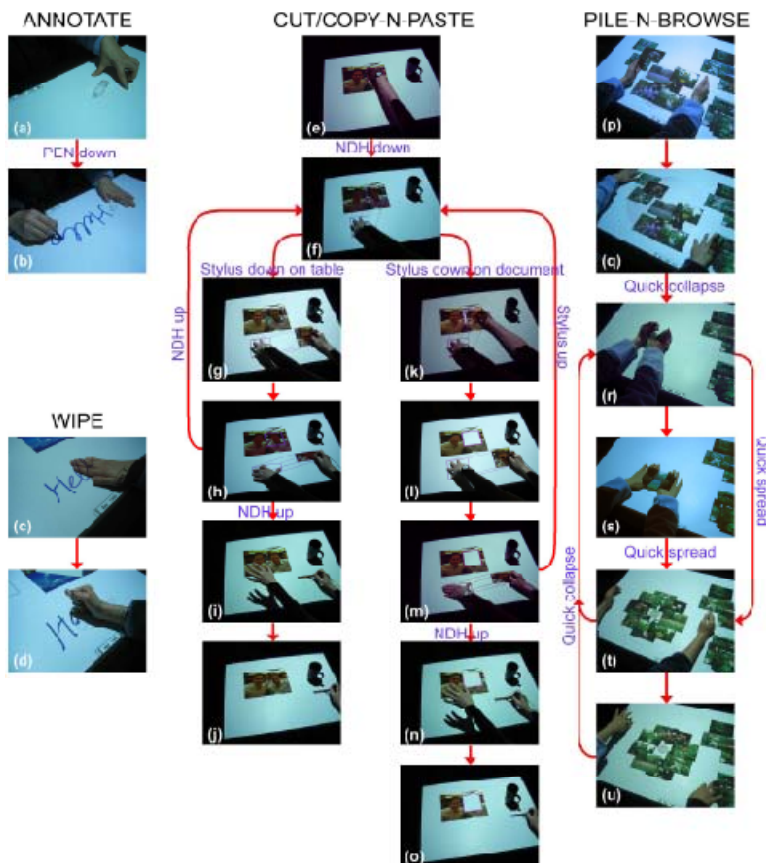


FIG. 29 19 Técnicas de interação bi-manual, desenvolvidas pelo Mitsubishi Electric Research Laboratories de Cambridge, em conjunto com o Department of Computer Science da universidade de Toronto, em 2006 (Wu, et al 2006, 5)

As propostas de interação multi-táctil incluem o gesto ANNOTATE que possibilita o uso do dedo para desenhar – a mão não-dominante faz o registo para que a mão dominante possa escrever ou desenhar; o gesto WIPE permite apagar os desenhos feitos no modo ANNOTATE – modelado de forma a criar um domínio de familiaridade com o utilizador pela correspondência com os gestos usados no quotidiano para apagar o giz dos quadros, suporta diversos gestos iniciados na fase de relaxamento que actuam sobre os registos pictóricos tornando-os progressivamente transparentes; o gesto CUT/COPY-N-PASTE permite copiar e transformar uma porção de um documento; finalmente, o gesto PILE-N-BROWSE que possibilita o agrupamento de objectos – com correspondência com o modo como agrupa objectos no quotidiano, usando as mãos ao alto, o utilizador selecciona os objectos de interesse com uma postura estática que é depois reutilizada com características dinâmicas para compactar os objectos. (Wu, et al. 2006)

O modelo de interação instrumental, proposto em por Beaudouin-Lafon (2000), caracteriza-se pela extensão e generalização dos princípios da manipulação directa definidos por Shneiderman (1983), e é baseado no modo como o humano faz uso de ferramentas ou instrumentos para manipular objectos de interesse no mundo físico.

“[...] instrumental interaction extends and generalizes the principles of direct manipulation.”
(Beaudouin-Lafon 2000, 1)

“The Instrumental Interaction model is based on how we naturally use tools (or instruments) to manipulate objects of interest in the physical world.” (Beaudouin-Lafon 2000, 3)

Segundo Beaudouin-Lafon (2000), os princípios da manipulação directa delineados por Shneiderman (1983) implicam problemas de usabilidade:

Em interfaces do tipo *Windows, Icons, Menus and Pointing*, a interação entre utilizador e objecto é mediada por menus, caixas de diálogo e barras de deslocamento, ficando muito aquém das promessas da manipulação directa.

“WIMP interfaces do not follow the principles of direct manipulation. Instead, they introduce interface elements such as menus, dialog boxes and scrollbars that act as *mediators* between users and the objects of interest.”
(Beaudouin-Lafon 2000, 3)

No mundo real, o humano não recorre a mediadores para manipular objectos de interesse. Manipula-os directamente e transpõe-os para um contexto de operações onde podem ser manipulados instrumentalmente (Guiard 1987). Segundo Fogg (2008, 137) os sistemas que funcionam como ferramentas providenciam aos utilizadores novas habilidades: melhoram o desempenho, facilitam o trabalho e possibilitam a realização de tarefas impossíveis até então.

O modelo de interação instrumental proposto por Beaudouin-Lafon⁶⁸ é fundamentado no uso natural de ferramentas (ou instrumentos), para manipulação de objectos de interesse do mundo físico.

“Interaction between users and domain objects is mediated by interaction instruments, similar to the tools and instruments we use in the real world to interact with physical objects.” (Beaudouin-Lafon 2000, 1)

Os objectos de interesse formam o conjunto de objectos potencialmente interessantes para o utilizador no contexto de uso de uma aplicação: são dotados de atributos manipuláveis e editáveis pelo utilizador, descritivos das suas características; são também sensíveis a instrumentos de interação – agentes mediadores utilizador/objecto – capazes de transformar as

68 (Beaudouin-Lafon, Instrumental Interaction: An Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces 2000)

acções do utilizador em comandos, com efeito nos objectos envolvidos na interacção (Beaudouin-Lafon 2000, 3).

Um instrumento de interacção “[...] is a mediator or two-way transducer between the user and domain objects. The user acts on the instrument, which transforms the user's actions into commands affecting relevant target domain objects. Instruments have reactions enabling users to control their actions on the instrument. Instruments also provide feedback as the command is carried out on target objects.” (Beaudouin-Lafon 2000, 3)

O instrumento decompõe a interacção em duas camadas: a acção física (interacção entre utilizador e instrumento), e a reacção do instrumento (interacção entre o instrumento e o objecto de interesse) representada por um feedback.

“An instrument decomposes interaction into two layers: the interaction between the user and the instrument, defined as the physical *action* of the user on the instrument and the *reaction* of the instrument and the interaction between the instrument and the domain object, defined as the *command* sent to the object and the *response* of the object, which the instrument may transform into *feedback* to the user”. (Beaudouin-Lafon 2000, 3)

O instrumento fica activado quando este encontra-se sob o controlo do utilizador, ou seja quando a componente física – o dispositivo de entrada - fica associada à componente lógica, podendo a activação ser espacial, mantendo-se o estado activo pela presença do sujeito simbólico/concreto na área de interacção, ou temporal - também chamado *modo* - mantendo-se o estado activo num instrumento até activação de outro. (Beaudouin-Lafon 2000, 4)

A activação especial requer que o instrumento se encontre visível no ecrã, dividindo a atenção do utilizador. Já a activação espacial obriga a uma acção específica para despoletar a activação, tornando a interacção mais lenta e menos directa “Spatial activation requires the instrument to be visible on the screen, taking up screen real-estate and requiring the user to point at it and potentially dividing the user's attention. (Beaudouin-Lafon 2000, 4)

A interacção instrumental fornece um espaço para o design, onde áreas inexploradas podem ser identificadas e novas técnicas de interacção conceptualizadas.

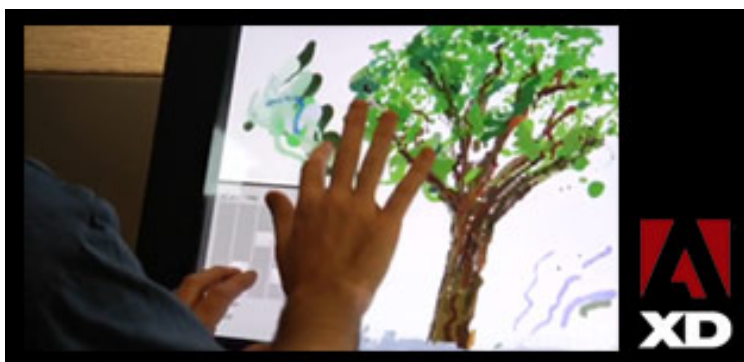


FIG. 30 Interação bi-manual com Instrumento multi-táctil em desenvolvimento pelo Adobe Experience Design Team

Um bom exemplo de exploração das potencialidades da interacção multi-táctil pode ser visto no controlador cromático do *Adobe CS5*⁶⁹ em desenvolvimento pelo Adobe Experience Design Team. O vídeo⁷⁰ de apresentação demonstra uma técnica de interacção bi-manual⁷¹ e instrumental para desenho directo sobre o ecrã com a terminação dos dedos da mão dominante e controlo assimétrico das propriedades cromáticas (RGB) pela mão não-dominante sobre um instrumento composto por três controladores lineares sobre o eixo Y.

4.4. Conclusões

Diferentes técnicas de interacção gestual de superfície são possíveis consoante o tipo de entrada e gestualidade empregue.

Foram apresentadas três taxonomias de dispositivos de entrada Foley, Wallace e Chan (1984), Buxton (1983) e Mackinlay, Card e Robertson (1990).⁷² Pode-se considerar as duas últimas mais indicadas para a interacção multi-táctil, visto que ambas descrevem o dispositivo como transdutor de propriedades físicas. Um destaque particular é dado à taxonomia de Mackinlay, Wallace e Chan (1984) por permitir a descrição de dispositivos discretos, compostos e virtuais.

Diferentes propriedades dos dispositivos de entrada foram apresentadas que possibilitam a diferenciação de dispositivos de entrada directa - em que o espaço da acção motora corresponde com o espaço do sistema - de dispositivos de entrada indirecta - baseados na manipulação de um sujeito simbólico por um dispositivo como o rato ou o *touchpad*. Assim como a diferenciação entre dispositivos *space-multiplexed* - em que cada função é controlada por um transdutor dedicado com o seu próprio espaço - de dispositivos *time-multiplexed* - em que um único dispositivo é usado para controlar diferentes funções em diferentes pontos no tempo. Também os graus de liberdade de movimento que dispositivos como o rato, interfaces tácteis ou multi-tácteis possibilitam são descritos, assim como um modelo para a determinação dos estados de um dispositivo de entrada, o modelo de três estados de Buxton^{73 74}.

69 (Adobe, Adobe and the future of multitouch 2009)

70 Vídeo, Adobe and the future of multitouch – <http://cs5.org/?p=232> 8 novembro 2009, 16:47

71 (Guiard, Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model 1987)

72 Ver 4.1.1

73 (Buxton, A three-state model of graphical input 1990, 449-456)

74 Ver 4.1.2

Relativamente ao dispositivo de interacção multi-táctil, conclui-se que se trata de um dispositivo de entrada directo, *space-multiplexed*, que permite 16 graus de liberdade⁷⁵ da mão e que apenas considera os estados *fora-de-alcance* e *selecção*.

Foram apresentadas diferentes modalidades de reconhecimento gestual: indirecta táctilo-sensorial, usada em dispositivos como o *touchpad*; directa táctil, podendo ser discreta (e.g. *touchscreen*) ou contínua, também denominada reconhecimento *multi-point* por Buxton⁷⁶; e directa multi-táctil, com origem nos trabalhos pioneiros de Nimish Mehta⁷⁷ e Myron Krueger⁷⁸ durante o início dos anos 80. O contributo de Myron Krueger em particular, destaca-se nas técnicas de interacção gestual demonstradas no Videoplace, como o gesto “*pinch*” usado para ampliação/redução, actualmente usado em produtos *multitouch* da Apple, Microsoft, Perceptive Pixel, entre muitos outros. Foram também apresentadas um estudo da antropometria da mão e da dinâmica gestual assim como três taxonomias de gestos, nomeadamente, a taxonomia de Cadoz⁷⁹ no contexto da gestualidade instrumental e as taxonomias de Quek⁸⁰ e Wobbrock, Morris e Wilson⁸¹ no contexto da interacção humano-computador. A taxonomia de Wobbrock, Morris e Wilson em particular, oferece uma categorização do gesto nas suas componentes formal, natureza, ligação com elementos do interface e o fluir do gesto. Importa particularmente a diferenciação do gesto na sua natureza que pode ser segundo Wobbrock, Morris e Wilson, física, simbólica, metafórica e abstracta. Também foi introduzida a interacção gestual usada na manipulação de instrumentos.⁸²

Conclui-se que os gestos de natureza física são usados para tarefas de manipulação, enquanto os outros gestos de natureza simbólica, metafórica e abstracta são essencialmente usados para tarefas de activação de eventos para realização de tarefas do tipo comando.

Diversas técnicas de interacção gestual foram apresentadas correspondentes às categorias respeitantes à natureza do gesto como proposto na taxonomia de Wobbrock, Morris e Wilson, assim como técnicas de interacção bi-manual baseadas no modelo de corrente cinemática de Guiard⁸³, com destaque para as vantagens que este tipo de interacção proporciona e finalmente é

75 (Westerman, Hand Tracking, Finger Identification and Chordic Manipulation on a Multi-Touch Surface 1999 1 252)

76 (Buxton, Multi-touch systems that I have known and loved 2007) – <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>

77 (Mehta, A flexible machine interface 1982)

78 (Krueger, Gionfriddo e Hinrichs 1985)

79 (Cadoz e Wanderley, Gesture - Music 2000)

80 (Quek, Toward a Vision-based Hand Gesture Interface 1994, 17-31)

81 (Wobbrock, Morris e Wilson, User-defined gestures for surface computing 2009, 1083-1092)

82 Ver 4.1.3

83 (Guiard, Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model 1987, 486-517)

proposto um modelo de interacção instrumental desenvolvido por Beaudouin-Lafon⁸⁴ demonstrado no interface em desenvolvimento pelo Adobe Experience Design Team para o Adobe Cs5, que possibilita o desenho directo sobre uma superfície com a mão dominante e a parametrização das cores através da manipulação multi-táctil de um instrumento virtual com a mão não dominante.⁸⁵

84 (Beaudouin-Lafon, Instrumental Interaction: An Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces 2000, 443-453)

85 Ver 4.1.3.3

5. Design da interacção gestual

No sentido de proceder-se à identificação de um pensamento em design e ao aferimento de um quadro metodológico adequado ao desenho e prototipagem da interacção gestual de superfície, e após o reconhecimento dos principais desafios cognitivos e motores são sugeridas três abordagens distintas mas complementares: uma abordagem empírica, uma abordagem fenomenológica e uma abordagem metafórica.

Poder-se-à considerar a a abordagem empírica como direccionado para aspectos e preocupações do campo da usabilidade, e as abordagens fenomenológica e metafórica centradas na experiência.

Este capítulo encontra-se dividido em cinco partes:

- Desafios cognitivos e motores – ergonomia.
- Abordagem empírica – conjunto de interacções gestuais conseguidas a partir da observação do comportamento de utilizadores em sessões de design participatório por Wobbrock, Morris e Wilson.
- Abordagem fenomenológica – design centrado na experiência humana, noções como *zuhanden* de Heidegger e de encorporamento com base no estudo da fenomenologia da percepção de Merleau-Ponty e, qualificação da experiência e estado do fluxo segundo Csikszentmihalyi, motivação intrínseca, design hedonómico e motivacional.
- Abordagem metafórica – teoria da metáfora de Lackoff, continuum do conhecimento de Hurlienne e Blessing, metáforas para uso intuitivo e transparente.
- Prototipagem – técnicas de prototipagem *offline*: *mockups*, *Wizard of Oz* e *Sketch-a-Move*

5.1. Desafios cognitivos e motores

A interacção gestual com dispositivos de mediação directa em superfície apresenta uma série de desafios cognitivos e motores: a ausência de botões físicos para transição de estado; a ocultação de interfaces com o braço durante a interacção; e ainda a activação involuntária de comandos (Hinckley 2008, 162).

“Direct devices lack buttons for state transitions. Occlusion is also a major design challenge. The finger or pen occludes the area at which a user is pointing, so the user may not realize that he or she has activated a control;

occlusion by the hand and arm also may cause the user to overlook pop-up menus, dialogs, or status indicators” (Hinckley 2008, 162)

Os desafios cognitivos prendem-se essencialmente nas dificuldades inerentes ao uso de gestos de natureza arbitrária em grandes quantidades.

A resolução de problemas correntes da interação gestual, como a ocultação do interface com o braço, pode beneficiar do design.



FIG. 31 Design original do laboratório Media Interaction Lab, Upper Austria University of Applied Sciences com Nortel Networks, Canada (Brandl et al. 2009).

Design de método de posicionamento de menu a partir de uma caneta óptica sobre superfície reactiva e de interface segmentado para evitar o ocultamento com o braço - resolve o problema de ocultação do braço - do laboratório Media Interaction Lab, Upper Austria University of Applied Sciences com Nortel Networks, Canada (Brandl et al. 2009).

5.2. Abordagem empírica

Uma abordagem empírica ao design de interações gestuais é proposta por Wobbrock, Morris e Wilson⁸⁶ que procuraram determinar um conjunto de interações gestuais a partir da observação do comportamento de utilizadores em sessões de design participatório.

86 (Wobbrock, Morris e Wilson, User-defined gestures for surface computing 2009, 1083-1092)

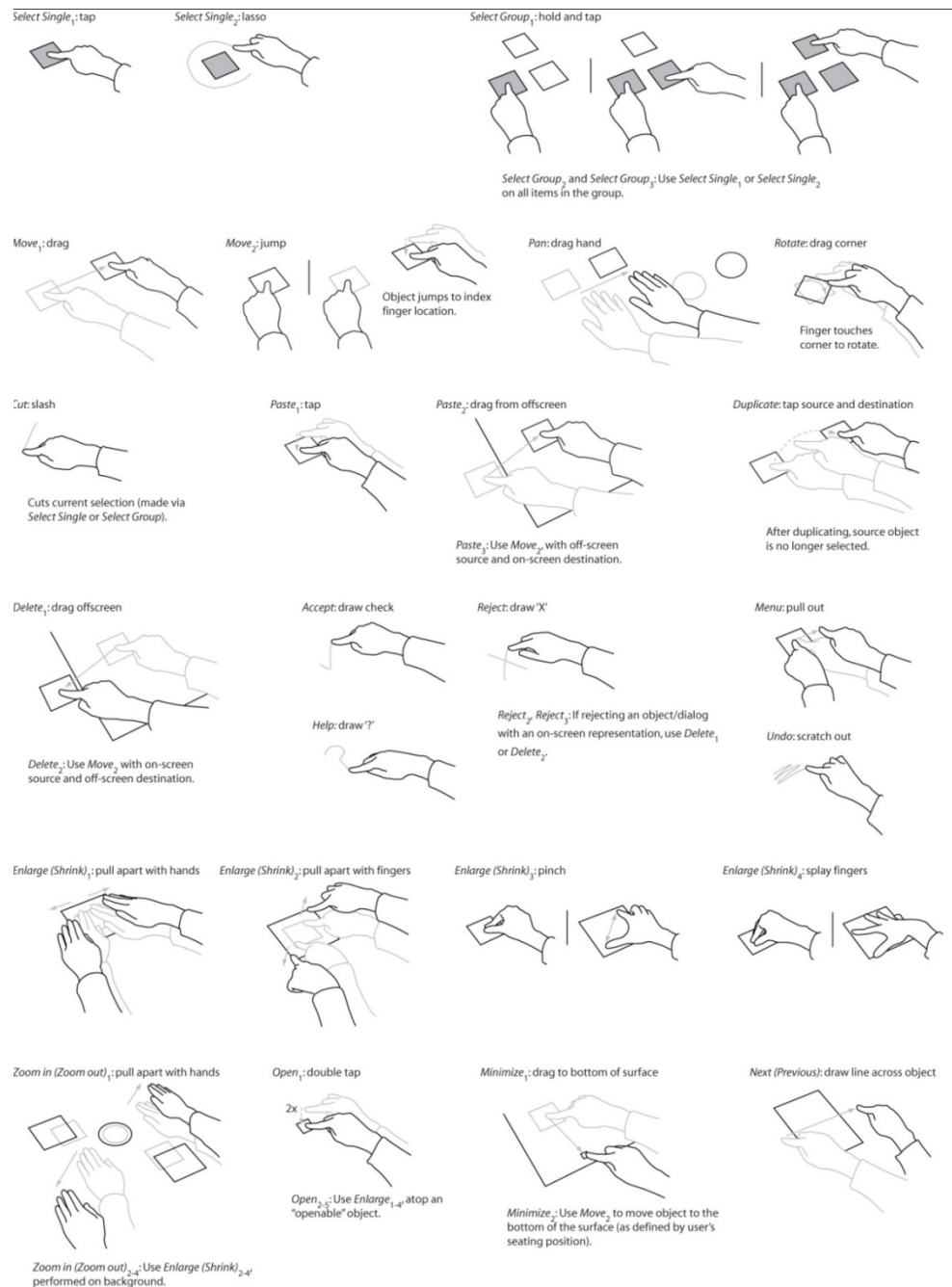


FIG. 32 “User-defined gesture set” – os gestos reversíveis (zoom in/ zoom out, próximo/anterior) foram representados em apenas uma direcção. (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 7)

O teste foi realizado com 20 pessoas às quais foi pedido que identificassem em voz alta a causa de uma acção a partir da observação do seu efeito, num protótipo Microsoft Surface. Os resultados obtidos da análise de 1080 gestos constitem dados empíricos gestos reveladores de padrões comportamentais relevantes para o design da interacção gestual.

O estudo demonstra que:

- acções simples como *insert* e *maximização* são realizadas preferencialmente por gestos mais primitivos como arrastar e alargar; e que acções mais complexas como *task switch* e *close* são realizadas pelos utilizadores através de *widgets* invisíveis e imaginários.

“[...] most participants performed task switch by tapping an imaginary taskbar button, and close by tapping an imaginary button in the top-right corner of an open view.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 5)

- a maioria dos participantes não atribui significado ao número de dedos usados e que a interacção uni-manual é preferida à bi-manual.

“Thirteen of 20 participants used varying numbers of fingers when acting on the surface. Of these, only two said that the number of fingers actually mattered.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 8)

- O contacto com 1-3 dedos é considerado *single touch* enquanto o uso de todos os dedos ou da palma da mão é considerado “something more” pelos participantes.

“In general, it seemed that touches with 1-3 fingers were considered a “single point,” and 5-finger touches or touches with the whole palm were something more.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 8)

- De notar que um número reduzido de participantes usou mais dedos para mover e escalar objectos de maiores dimensões, e também para garantir o reconhecimento do contacto pelo sistema.

“Four people said they often used more fingers for “larger objects,” as if these objects required greater force.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 8)

“One person used more fingers for “enlarging actions,” the effects of which had something to do with increasing size (e.g., enlarge, open).” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 8)

“One participant said that he used more fingers “to ensure that I was pressing,” indicating that to him, more fingers meant more reliable contact. This may be, at least in part, due to the lack of feedback from the table when it was being touched.” (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 8)

5.3. Abordagem metafórica

O campo do HCI recorre ao uso da metáfora no design de ambientes - metáfora da secretária, metáfora da mesa de trabalho, metáfora do painel de controlo, e diversas metáforas de jogos; e acções - cortar/colar, arrastar e largar. A metáfora da secretária representa objectos e acções tradicionalmente associados a uma secretária e ao seu meio, a metáfora da mesa de trabalho

representa um ambiente repleto de ferramentas e itens necessários para a realização de tarefas específicas, a metáfora do painel de controlo representa um painel físico composto por instrumentos de controlo de mecanismos (ECMA 1992, 11).

O uso da metáfora é recomendado por empresas como Microsoft e Apple:

“Familiar metaphors provide a direct and intuitive interface for user tasks. By allowing users to transfer their knowledge and experience, metaphors make it easier to predict and learn the behaviors of software-based representations.” (Microsoft Corporation, 2004 in Hurtienne e Blessing 2007, 6)

“Take advantage of people’s knowledge of the world by using metaphors to convey concepts and features of your application. Metaphors are the building blocks in the user’s mental model of a task. Use metaphors that represent concrete, familiar ideas, and make the metaphors obvious, so that users can apply a set of expectations to the computer environment.” (Apple Computer, Inc. 2006,39 in Hurtienne e Blessing 2007 ,6)

O design da interação serve-se da metáfora para relacionar ações e tarefas a um domínio de conhecimento familiar ao utilizador. Através da metáfora, o utilizador pode entender e experienciar uma coisa nos termos de outra e formar assim um modelo mental que o guie na interação.

A **teoria da metáfora de Lackoff e Johnson** (1980) explica o poder da metáfora quando usada em disciplinas criativas como as ciências e o design e descreve a metáfora, não apenas como figura da linguagem, mas como mecanismo cognitivo fundamental. A nova teoria da metáfora demonstra que praticamente todos os sistemas complexos envolvem metáforas e que o humano relaciona a novidade a algo conhecido. Na teoria de Lackoff e Johnson (1980), a estrutura da experiência de um domínio de partida familiar é projectada para um domínio de chegada não familiar através do mapeamento das correspondências entre esses dois domínios (Neale e Carroll 1997, 441).

“The essence of metaphor is understanding and experiencing one kind of thing in terms of another.”
(Lakoff e Johnson 1980, 5)

“The shift from viewing metaphor as a simple linguistic expression [...] to seeing it as a systematic mapping of many correspondences explains the power of metaphor for creative disciplines such as science and design.”
(Fineman 2004, 7)

“[...] metaphors allow the transference or mapping of knowledge from a source domain (familiar área of knowledge) to a target domain (unfamiliar área or situation), enabling humans to use specific knowledge and experience for understanding and behaving in situations that are novel or unfamiliar” (Neale e Carroll 1997, 441)

A metáfora assenta numa relação entre os domínios de entrada e saída mas não especifica os detalhes dessa relação. Cabe ao utilizador especificar e elaborar esses detalhes apenas sugeridos pela correspondência entre os domínios de entrada e saída. O utilizador, ao comparar de forma implícita os domínios, é envolvido na actividade com surpresa encarando-a como um

desafio. Desta forma, o utilizador encontra-se motivado intrinsecamente na descoberta das associações possíveis entre o domínio do conhecimento familiar previamente adquirido e o domínio do sistema.

Como sugerido por Huetienne e Blessing (2007), o conhecimento adquirido pelo utilizador pode ser classificado ao longo de um continuum: conhecimento inato, sensório-motor, cultural e especialidade.

“Prior knowledge may stem from different sources. These knowledge sources can be classified along a continuum from innate knowledge, knowledge from embodied interaction with the physical world (sensorimotor), and culture to professional areas of expertise.” (Hurtienne e Blessing 2007, 3)

O primeiro nível consiste em conhecimento inato - adquirido pela activação de genes ou durante o estágio pré-natal de desenvolvimento - manifestado reflexiva e instintivamente, que assegura uso universal e processamento inconsciente. O segundo nível é sensório-motor consiste em conhecimento geral adquirido na infância e usado continuamente através da interacção com o mundo. Noções científicas como *affordances*⁸⁷ residem no nível sensório-motor de conhecimento metafórico. O terceiro nível é cultural e refere-se ao conhecimento de cada indivíduo no seio de uma cultura específica. Finalmente, o nível da especialidade ou grau mais específico de conhecimento, é adquirido na experiência e prática profissional, e desenvolve-se no conhecimento adquirido pelo uso de uma ferramenta específica.

Hurtienne e Blessing (2007) sugerem que o humano usa ferramentas e utensílios para estender as suas capacidades motoras e cognitivas através de um conhecimento transversal aos níveis sensório-motor, cultural e especialidade.

“At the sensorimotor level there are primitive tools like sticks for extending one’s reach and stones used as weights. At the culture level we find tools commonly used by people, like ball point pens for writing, pocket lamps for lighting [...] At the last stage there is the knowledge acquired from using tools in one’s area of expertise, for example image editing tools, [...]” (Hurtienne e Blessing 2007, 4)

Segundo um ponto de vista fenomenológico, o uso de ferramentas e por extensão de computadores, poderá situar-se nos níveis baixos do continuum, de forma a proporcionarem uma interacção intuitiva e transparente.

87 Termo originalmente introduzido por James J. Gibson no artigo “The Theory of affordances” em 1977, e mais tarde explorado no livro “The Ecological Approach to Visual Perception” em 1979. A affordance, segundo Gibson, pode ser entendida como o conjunto de todas as acções possíveis em latência no meio dependentes das capacidades físicas do actor. Norman redefine, no seu livro “The Psychology of Everyday Things” de 1988, o conceito como não sendo apenas dependente das capacidades físicas do actor, mas também dos seus objectivos, planos, valores, crenças e experiência anterior.

A crescente ubiquidade dos sistemas interactivos – altamente diferenciados por uma crescente dispersão pelos mais variados contextos e ambientes, incremento de funcionalidade e mecanismos de personalização – torna o uso intuitivo um dos principais objectivos da interacção humano-computador na actualidade. (Hurtienne e Blessing 2007)

“The demand for technology that is ‘intuitive to use’ has never been as high as it is today. The main factor causing this is the increasing ubiquity of interactive computer applications.” (Hurtienne e Blessing 2007, 2)

Uma definição de uso intuitivo é sugerida por Mohs et al. (2006):

“A technical system is intuitively usable if the users’ unconscious application of prior knowledge leads to effective interaction” (Mohs 2006, 130)

A interacção intuitiva com tecnologia é baseada na aplicação inconsciente de conhecimento previamente adquirido pelo utilizador pelo que reduz consideravelmente o tempo de aprendizagem necessário para utilização de um dispositivo. Como a teoria da aprendizagem sugere, o conhecimento oriundo dos níveis mais baixos do continuum é mais passível de ser aplicado inconscientemente que o conhecimento dos níveis mais altos. A aplicação inconsciente de conhecimento adquirido pode ser inata e reflexiva, ou resultante da exposição frequente a estímulos do meio, sendo mais assimilável nos níveis sensório-motor e cultural. (Hurtienne e Blessing 2007, 5)

“If the unconscious application of knowledge is a precondition for intuitive use, it will be more common to see intuitive interaction involving knowledge at the lower levels of the continuum.” (Hurtienne e Blessing 2007, 5)

Ao relacionar a metáfora da secretária com o continuum do conhecimento, Hurtienne e Blessing (2007) concluem encontrar-se nos níveis mais altos - o conhecimento do espaço e equipamento do escritório, não sendo partilhado por todos os membros de uma cultura, pertence ao nível da especialidade.

“Trying to locate the office metaphor on our knowledge continuum we find that it is located on quite a high level of knowledge.” (Hurtienne e Blessing 2007, 8)

A limitação da interacção aos níveis baixos do continuum do conhecimento permite alcançar um grupo alargado e heterogéneo de utilizadores potenciais; generalizar aspectos estruturais da cognição humana através de regras do senso comum; e reduzir a carga dos processos cognitivos no uso do interface, para maior disponibilidade desses processos na resolução de tarefas. (Hurtienne e Blessing 2007, 4-5)

“ [...] the further we rise towards the top level of the continuum the higher the degree of specialization of knowledge and the smaller the potential number of users possessing this knowledge.” (Hurtienne e Blessing 2007, 4)

5.4. Abordagem fenomenológica do design

Segundo Harrison, Tatar e Sengers (2007), o campo do HCI é frequentemente referido como tendo sido formado por duas vagas intelectuais: a primeira, orientada e fortemente inspirada pela engenharia industrial, factores humanos e ergonomia, cujo objectivo primário é a optimização dos sistemas humano-máquina; a segunda, impulsionada pelas ciências cognitivas, organizada em torno da metáfora central de processamento de informação, e com grande ênfase na teoria e compreensão dos processos internos da máquina e do humano.

“Informal histories of HCI commonly document two major intellectual waves that have formed the field [...] The 1st paradigm, an amalgam of engineering and human factors, saw interaction as a form of man-machine coupling in ways inspired by industrial engineering and ergonomics. The 2nd paradigm, in contrast, is organized around a central metaphor of mind and computer as symmetric, coupled information processors.” (Harrison, Tatar e Sangers 2007, 4)

Indícios de uma terceira vaga no campo da interacção humano-computador, decorrente da consciencialização das limitações da metáfora de processamento de informação perante a emergência da computação ubíqua, torna-se visível. Com a terceira vaga, o enfoque central passa a ser o encorporamento da interacção segundo uma perspectiva fenomenológica – em que o modo como o humano entende o mundo, a si mesmo e à interacção, deriva da sua localização no mundo físico e social como actor corporizado.

“Despite the centrality of embodied interaction to the 3rd paradigm [...] what is central is a phenomenological viewpoint, in which all action, interaction, and knowledge is seen as embodied in situated human actors.” (Harrison, Tatar e Sangers 2007, 7)

O paradigma emergente de HCI recorre a uma metáfora de interacção situada fenomenologicamente e cujo objectivo central de interacção é a criação de condições de suporte para a acção situada no mundo. Essa abordagem embarca o conhecimento de acordo com múltiplos pontos de vista e não objectivamente, como nos paradigmas anteriores; e tem, para além da vertente fenomenológica, um enfoque central na construção de significado – construído no momento, por vezes colaborativamente por pessoas em contextos específicos; reforçando a importância da interacção como elemento essencial para a construção de significado.

“The 1st paradigm tends to take a pragmatic approach to meaning, ignoring it unless it causes a problem, while the 2nd interprets meaning in terms of information flows. The 3rd paradigm, in contrast, sees meaning and meaning construction as a central focus. It adopts the stance that meaning is constructed on the fly, often collaboratively, by people in specific contexts and situations, and therefore that interaction itself is an essential element in meaning construction.” (Harrison, Tatar e Sangers 2007, 7)

O enfoque na interacção corporizada altera o entendimento do pensamento humano – meramente cognitivo e abstracto segundo os princípios do paradigma informativo – colocando-o

num novo patamar: o papel do corpo é enaltecido; a importância da gestualidade e manipulação de objectos é reconhecida; a importância do risco como aspecto positivo da prática corporizada é assumida – de notar a ausência de comandos do tipo *undo* no mundo real; e redireccionada a acção para a actividade física e interacção social. (Harrison, Tatar e Sangers 2007, 4)

Este capítulo encontra-se dividido em três partes relativas a aspectos determinantes do design fenomenológico ou centrado na experiência humana: o encorporamento da interacção; o percurso do design centrado na condição humana; e a importância da felicidade na interacção humano-computador.

5.4.1. Design centrado na experiência humana

Neste capítulo, é descrita uma corrente do pensamento em design de interacção fundada na experiência humana e reveladora do percurso da interacção humano-computador – de um enfoque nas questões em torno da engenharia e optimização de sistemas, ao posicionamento do utilizador e da pessoa no centro das considerações do design da interacção. Destacam-se a teoria da óptica ecológica de James Gibson⁸⁸, a abordagem ao design de Norman - centrada nas propriedades inteligíveis dos objectos⁸⁹ e no reconhecimento do papel da emoção⁹⁰ seguindo as descobertas de António Damásio⁹¹ no campo da neurociência, e o contributo dado por Krippendorff⁹² no reconhecimento da importância do significado no design e uso de artefactos.

A interacção humano-computador e design de interacção aproximam-se progressivamente de uma corrente de pensamento - com origem nos filósofos gregos Heráclito e Protágoras - que abandona a ideia de verdade absoluta e representativa, pondo o humano no seu lugar. Esta corrente de pensamento opõe-se ao objectivismo, que privilegia as medições físicas em detrimento da experiência humana, e funda os alicerces de uma concepção do design de interacção centrada no humano. (Krippendorff 2006, 34-38)

“O homem é a medida de todas as coisas, das coisas que são enquanto são, e das coisas que não são enquanto não são.” *Protágoras*

No âmbito do design de interacção centrado no humano, importam destacar os contributos de James Gibson, Donald Norman, e Klaus Krippendorff.

88 (Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception* 1979)

89 (Norman, *Design of everyday things* 1988 (1999))

90 (Norman, *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things* 2004)

91 (Damásio, *O erro de Descartes* 1999)

92 (Krippendorff, *The Semantic Turn* 2006)

A teoria da Óptica ecológica de James Gibson (1979) constitui um dos fundamentos do design de interação. Os conceitos-chave dessa teoria são as *affordances* e a percepção directa. Uma *affordance* é a percepção que o indivíduo tem daquilo que pode fazer com algo através dos sentidos; a percepção directa refere-se à facilidade, familiaridade e simplicidade com que são entendidas as *affordances* do quotidiano. O cientista cognitivo Donald Norman, contribuiu significativamente para a evolução do pensamento dominante, de Object-centered, User-centered a Human-centered.

Essa evolução é reflectida no percurso literário de Norman - “The psychology of Everyday Things”, publicado em 1988, com enfoque na usabilidade pragmática; “The design of Everyday Things”, de 1990 centrado na invenção; e em 2004, “Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things”, que redirecciona o enfoque na emoção e no reconhecimento da importância da estética na resposta que o humano faz dos objectos.

A passagem de *Object-Centered Design* para *User-Centered Design* deve-se essencialmente à divulgação e extensão dos conceitos da teoria ecológica por Norman (1988): identificou a origem das dificuldades de interação com objectos – a tendência do humano em racionalizar fenómenos através de modelos conceptuais que usa para simular mentalmente operações e desta forma prever o efeito das suas acções.

“A good conceptual model allows us to predict the effects of our actions” (Norman 1988 (1999), 13)

Norman (1988) elaborou uma abordagem ao design centrada nas propriedades inteligíveis dos objectos: *affordances*, mapeamento, constrangimentos e *feedback*; correlacionou a informação memorizada com a informação do meio, concluindo que os modelos mentais são formados para relacionar a informação do meio com o conhecimento previamente adquirido.

“Use both knowledge in the world and knowledge in the head” (Norman 1988 (1999), 189).

Maior resistência oferece a passagem de User-Centered Design para Human-Centered Design, impulsionada nos últimos anos pelo reconhecimento da importância da estética na interação e aprendizagem por Norman (2004), que identificou três diferentes formas de encarar o impacto do design nas pessoas: o design visceral, automatizado, e reflexivo.

O design visceral é relacionado com a aparência; o design comportamental, associado ao prazer e efectividade do uso; e por último, o design reflectivo, um processo contemplativo, é assente na racionalização e intelectualização do produto e orientado para a satisfação pessoal.

“The three levels in part reflect the biological origins of the brain, starting with primitive one-celled organisms and slowly evolving to more complex animals, to the vertebrates, the mammals, and finally, apes and humans.”
(Norman 2004, 32)

Relacionou a experiência estética à emoção – a estética faz as pessoas sentirem-se bem, o que as torna mais criativas e consequentemente mais eficazes na exploração de soluções para problemas; e a emoção à cognição, aprendizagem e processo de escolha, a partir das descobertas de Damásio⁹³ no campo da Neurociência sobre o papel dos afectos na cognição.

“People without emotions, as in Damasio's study, are often unable to choose between alternatives, especially if each choice appears equally valid.” (Norman 2004, 23)

Norman (2004), reconheceu que os sistemas afectivos e cognitivos são processadores de informação, que toda a acção tem componente cognitiva para atribuição de significado e consequente interpretação do mundo, e que o entendimento do mundo é construído sobre valores de ordem positiva ou negativa (Norman 2004, 36).

“[...] everything you do has both a cognitive and an affective component—cognitive to assign meaning, affective to assign value. You cannot escape affect: it is always there. More important, the affective state, whether positive or negative affect, changes how we think.” (Norman 2004, 36)

Com base no pressuposto de que a emoção, como demonstrado por Damásio (1999), é parte integrante e fundamental da cognição e tomada de decisão, o grupo de investigadores Branco et al.⁹⁴, já em 2003 argumentava a favor de uma abordagem com considerações em torno da emoção na construção do discurso e pensamento em design.

Essa abordagem ao design, denominada *Retórica da interação*, resulta da convergência dos conceitos de Buchanan - a formação de um argumento em design depende de três elementos aristotélicos *Logo, Ethos e Pathos* - com as descobertas de António Damásio sobre o papel da emoção nos mecanismos de tomada de decisão.

“If we cross Buchanan's opinion with the data supplied by Damásio, resulting from scientific experiments into neuroscience, one may simply conclude that an argument of design which devalues pathos will reduce the efficacy of logos. In other words, the design that refutes emotion from its argument by considering it superficial, tends to increase the cognitive charge on the product and hampers the set of decisions connected with their use.” (Branco 2003, 2)

Em 2006, Kaus Krippendorff publicou “Semantic Turn”, onde pôs em evidência uma mudança de paradigma que adiciona uma dimensão semântica às dimensões estrutural e perceptual dos artefactos. Baseando-se na hipótese de Sapir-Whorf, proposta por Benjamin Lee Whorf e Edward Sapir – o pensamento é determinado pela linguagem e a percepção influenciada pela cultura; e no pensamento de Wittgenstein – a linguagem é primariamente um meio de comunicação e o

93 (Damasio, O erro de Descartes 1999)

94 (Branco, From Aristotle to Damásio: towards a rhetoric on interaction 2003, 372-376)

significado de uma palavra é o seu uso na linguagem; Krippendorff sugere que o papel da linguagem na construção do pensamento, e a importância do significado na relação do humano com o meio, são aspectos fundamentais do entendimento do mundo centrado na experiência (Krippendorff 2006) e que o uso de artefactos é inseparável do modo como o utilizador os concebe e se envolve no quotidiano.

“Humans do not respond to the physical qualities of things but to what they mean to them” (K. Krippendorff 2004, 51)

Actualmente, a orientação do design centrado no humano reconhece a importância da emoção e da construção de significado na concepção de artefactos. Esses dois elementos são constituintes dos paradigmas emergentes do design de interação centrado no humano.

5.4.2. Interação e encorporamento

Svanae (2000) perspectiva a abordagem fenomenológica à luz do pensamento de Merleau-Ponty, Heidegger e Wittgenstein.

De acordo com Merleau-Ponty a corporeidade considera o corpo, não como máquina comandada pela mente, espírito e consciência, mas como um organismo vivo entendido como um todo vivido de um modo particular, pelo qual são construídas as possibilidades no mundo (Tripathi 2005, 4-5)

“With his concept of the livedbody, Merleau-Ponty overcomes Descartes' mind-body dualism without resorting to physiological reductionism. [...] For Merleau-Ponty the body is not a machine, but a living organism by which we body-forth our possibilities in the world.” (Tripathi 2005, 4-5)

Merleau-Ponty tem um entendimento da percepção oposto à concepção *stimuli reception* e às fundações teóricas de HCI derivadas da teoria da informação⁹⁵ de Shannon e Weaver. Para Merleau Ponty, a percepção é um processo em que o corpo humano entra em comunhão com o meio, numa interação contínua que envolve as intenções do sujeito, expectativa e acção física. (Svanae 2000, 24)

Para Merleau-Ponty, o humano integra ferramentas e utensílios nos mecanismos corpóreos para melhor compreender o mundo. No acto de agarrar, o objecto é transposto desde o seu próprio espaço-objecto para o espaço-corpo do humano, tornando-se extensão do seu corpo. “The body is our general medium for having a world” (Merleau-Ponty&Thomas Baldwin 2004,123)

Svanae (2000) refere que o entendimento da linguagem por Wittgenstein fornece outro elemento para um modelo do conhecimento liagado à existência factual do humano. Para Wittgenstein, a linguagem é primariamente um meio de comunicação o significado de uma palavra é dado no seu uso.

95 (Shannon, A Mathematical Theory of Communication 1948, 379-426; 623-656)

“To the late Wittgenstein, the meaning of a sentence is given by its use. Language is primarily a means of communication. In a certain use situation, there is a context of language users, physical objects, and practices that give meaning to the words.” (Svanae 2000, 25)

Segundo Heidegger, três modos do ser constituem a realidade: o modo estar-no-mundo, relativo ao humano; e dois modos contrastantes de ser relativamente a objectos: *vorhanden* e *zuhanden*. O *vorhanden* é o modo de ter um objecto em consideração como algo físico presente ao humano; o *zuhanden* é o modo de acção dotada de perícia sobre o objecto, tornado equipamento e extensão do corpo. Simples utensílios do quotidiano como facas, tesouras e martelos, fornecem interacções transparentes que fazem a pessoa esquecer-se do objecto e centrar-se unicamente na acção, promovendo uma envolvimento total da pessoa no fluxo da actividade (Svanae 2000, 56-57).

“If a nail is being hammered into a piece of wood by a carpenter, the nail and the piece of wood exist as objects for the carpenter, but the hammer is “invisible/transparent” in use.” (Svanae 2000, 57)

Para o humano totalmente absorvido pela actividade, a sua atenção converge na tarefa e nos outros elementos, não lidando com as ferramentas como objectos-no-mundo, mas como extensão: se a pessoa estiver a usar um martelo para pregar um prego num pedaço de madeira, apenas o prego e o pedaço de madeira serão objectos, porque o martelo ser-lhe-à transparente.

“[...]only when things disappear in this way are we freed to use them without thinking and so to focus beyond them on new goals.” (Weiser 1991, 1)

Os pensamentos de Merleau-Ponty, Heidegger e Wittgenstein são similares no sentido em que são críticos da abordagem analítica à filosofia que lhes precede e centram-se no quotidiano e na existência factual do humano (Svanae 2000, 13).

A fenomenologia de Heidegger e Merleau-Ponty providencia um pano de fundo para o design de ferramentas manuseáveis e socialmente activas no contexto da computação ubíqua: primeiro, a integração do computador no quotidiano deve ter em conta a natureza corpórea das interacções humano-humano e humano-objecto; segundo, o utilizador deve ser visto como agente corporizado no mundo, com habilidades comunicativas e culturais específicas à natureza da corporeidade (Tripathi 2005, 1).

“In our attempts to integrate computers into our daily lives in the world, we take into account the embodied nature of our interactions with each other and objects we manipulate.” (Tripathi 2005, 1)

5.4.3. Enfoque na qualidade da experiência

À medida que várias teorias e modelos, oriundos de áreas como a psicologia, neurociência, design e ciências da computação, vão consolidando a emergência de uma mudança de paradigma – de um design centrado no utilizador para um design centrado no humano - termos como *hedonómica/eudainómica*, *fluxo* e *motivação intrínseca* tornam-se correntes em publicações científicas, blogs de HCI, e estudos académicos que procuram incorporar o pensamento de *Fluxo* na prática do design .

O termo hedonómico foi proposto por Hancock⁹⁶ para definir o ramo da ciência que procura facilitar os aspectos agradáveis ou apreciáveis da interação humano-tecnológica. A palavra hedonómico deriva da raiz grega *hedon*, que significa alegria ou prazer, e *nomos*, que significa lei ou colectivo. Enquanto a ergonomia dedica esforços na prevenção da dor e sofrimento, a hedonómica centra-se na promoção de prazer.

O objectivo da hedonómica é desenhar para a felicidade através da estruturação do meio envolvente como um sistema completo, considerando desde os aspectos cognitivos e psicomotores específicos à própria organização onde a pessoa trabalha, de forma a proporcionar experiências agradáveis na execução de tarefas ao grupo mais alargado de pessoas possível (Hancock, Pepe e Murphy 2005, 11).

“A goal for hedonomics [...] is to design work that can be enjoyed to the greatest extent possible.”
(Hancock, Pepe e Murphy 2005, 11)

Segundo Hancock, Pepe & Murphy (2002), ergonomia e hedonómica são perspectivas sinérgicas, direccionadas para os mesmos objectivos de optimização da interação humana-tecnológica, central para os objectivos de todo o futuro design.

96 (Hancock, Pepe e Murphy, Hedonomics: The Power of Positive and Peasurable Ergonomics 2005, 7-14)

O modelo de optimização da satisfação humana, representado pela pirâmide hierárquica das necessidades de Maslow⁹⁷, especifica que as necessidades de alto-nível podem apenas ser preenchidas quando as necessidades de baixo-nível se encontram satisfeitas.

Hancock, Pepe & Murphy (2002), baseiam-se nesse princípio para propor um modelo original similar ao de Maslow, referente à ergonomia e hedonómica.

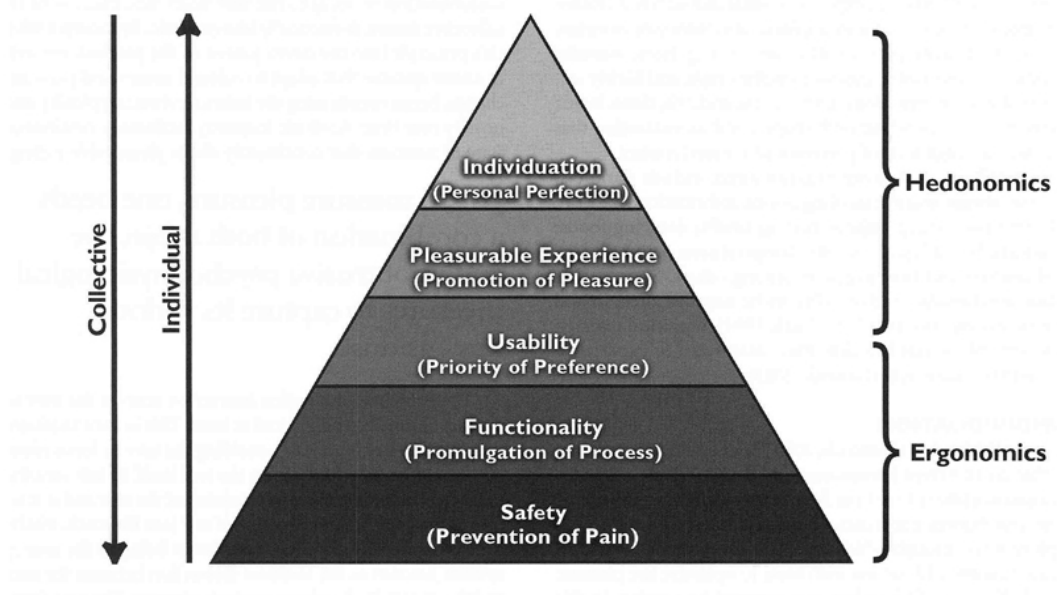


FIG. 33 Modelo hedonómico da hierarquia das necessidades derivado da Pirâmide das necessidades de Maslow (Hancock, Pepe e Murphy 2005, 11)

O modelo promove o design de interações baseado numa hierarquia de prioridades: as considerações de design da interação devem cingir-se primariamente na segurança, funcionalidade e usabilidade, podendo então debruçar-se sobre objectivos orientados para a dimensão pessoal do indivíduo: a experiência agradável e a individuação⁹⁸.

A hedonómica reflecte um longo processo de viragem para o humano no seio na área de interação humano-computador e inclui um novo elemento no processo de design de interações: as *affordances* hedonómicas.

⁹⁷ (Maslow, A Theory of Human Motivation 1943, 370-396)

⁹⁸ A individuação, conforme descrita por Jung, é um processo através do qual o ser humano evolui de um estado infantil de identificação para um estado de maior diferenciação, o que implica uma ampliação da consciência. Através desse processo, o indivíduo identifica-se menos com as condutas e valores encorajados pelo meio no qual se encontra, e mais com as orientações emanadas da totalidade da sua personalidade individual.

“Hedonomic affordances invite an emotional reaction from the user by way of the objects’ physical attributes that result in the users’ appraisal and perception of something as enjoyable, pleasurable, and fun.”

(Hancock, Pepe e Murphy 2005, 12)

Segundo a teoria da óptica ecológica de Gibson (1977), os objectivos da usabilidade dependem das propriedades das *affordances* perceptuais. Hancock, Pepe e Murphy (2005), consideram os objectivos da experiência dependentes das *affordances* hedonómicas. As *affordances* hedonómicas convidam uma reacção emocional por parte do utilizador - através dos atributos dos objectos que resultam na percepção de algo como agradável, apreciável e divertido.

(Hancock, Pepe e Murphy 2005, 12)

A contraparte da Hedonómica é a Eudainómica: a primeira com enfoque no bem-estar subjectivo – satisfação pessoal e predominância de afectos positivos; a segunda centrada no bem-estar psicológico – significado e actualização do eu (Ryan 2001, 161).

“The hedonic viewpoint focuses on subjective well-being [...] In contrast, the eudaimonic viewpoint focuses on psychological wellbeing [...]” (Ryan 2001, 161).

Para Goldstein⁹⁹, a actualização do eu é uma tendência de actualização, tanto quanto possível, das capacidades individuais dos indivíduos como resposta ao meio.

Já Maslow¹⁰⁰, equipara a actualização a um desejo de completude, nomeadamente da tendência do indivíduo em actualizar-se relativamente ao seu potencial e assim tornar-se quem realmente é, e capaz de o ser.

“It refers to the desire for self-fulfillment, namely, to the tendency for him to become actualized in what he is potentially. This tendency might be phrased as the desire to become more and more what one is, to become everything that one is capable of becoming” (Maslow 1943, 370).

Segundo a teoria do fluxo de Csikszentmihalyi¹⁰¹, a actualização do eu pode ser conseguida através de actividades intrinsecamente recompensadoras, capazes de favorecer e potenciar comportamentos autotélicos.

99 (Goldstein, The organism: A Holistic Approach to Biology 1939)

100 (Maslow, A Theory of Human Motivation 1943, 370-396)

101 (M. Csikszentmihalyi, Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play 1975)

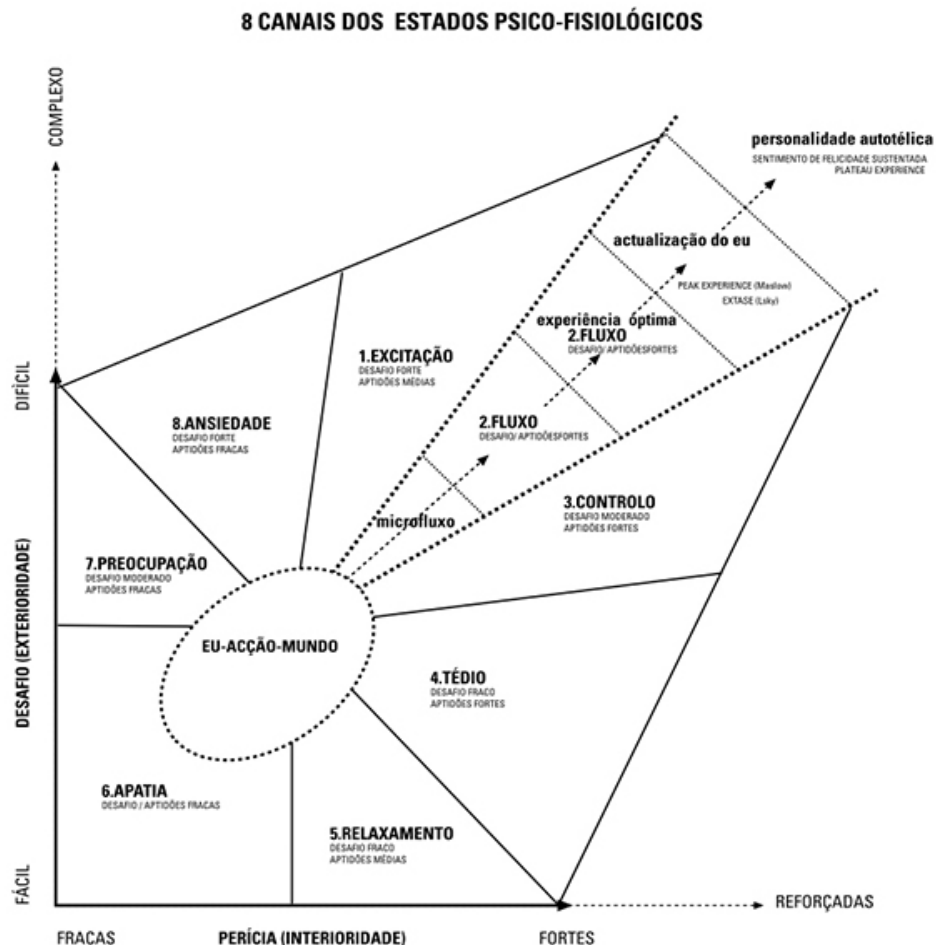


FIG. 34 Ilustração 23 (Dias, N. 2009) modelo adaptado de Csikszentmihalyi, Massimo e Maslow em desenvolvimento

O estado de Fluxo, proposto em 1975 pelo psicólogo positivista Mihaly Csikszentmihalyi, um estado de consciência desprendido, com enfoque no momento, na actividade e no desfrute. As pessoas em estado de “fluxo” sentem-se recompensadas pela actividade em si, desempenham as tarefas com ânimo, conseguindo bons resultados, sem grande esforço mas com grande satisfação (Csikszentmihalyi 1990).

Segundo Csikszentmihalyi (1990), os requisitos para a experiência de Fluxo são:

- *Objectivos claros* (expectativas e regras discerníveis).
- *Concentração e foco* (um alto grau de concentração num campo de atenção delimitado).
- Perda do sentimento de auto-consciência.
- Distorção da noção de tempo.

- *Feedback directo e imediato* (acertos e falhas no decurso da actividade são aparentes, podendo ser corrigidos se preciso).
- Equilíbrio entre o nível de habilidade e de desafio (actividade nem demasiado simples nem demasiado complexa).
- A sensação de controlo pessoal sobre a situação ou a actividade.
- A actividade é, em si, recompensadora (*autotélica*), não exigindo esforço para ser realizada.
- Quando se encontram em estado de fluxo, as pessoas “*tornam-se parte da actividade*” e a consciência é totalmente focada na actividade em si.

A experiência óptima é intrinsecamente recompensadora – é autotélica, ou seja, movida por comportamentos exploratórios claramente delineados, sendo mais frequente em indivíduos dotados de personalidade autotélica, sensível a forças de motivação intrínsecas como o propósito e a curiosidade (M. Csikszentmihalyi 1990).

A motivação explica porque a pessoa faz aquilo que faz, podendo ser extrínseca e intrínseca. A motivação extrínseca justifica a acção pela referência aos objectivos a atingir, às tarefas a completar e recompensas. Já a motivação intrínseca, refere-se ao prazer retirado do envolvimento num processo, e justifica a acção nos seus próprios termos (K. Krippendorff 2004).

Segundo Krippendorff (2007), os principais aspectos das actividades motivadas intrinsecamente são:

- Consistem em interactividade e não propriedades físicas.
- Emergem em interfaces human-máquina providos de significado.
- Pressupõem confiança.
- Requerem uma quantidade substancial de autonomia do utilizador.
- Envolvem múltiplas coordenações sensório-motores.
- Requerem um grau considerável de competências e desafios.
 - Incentivam a aprendizagem contínua.
 - Inspiram competências.
- Proporcionam confiança e sentimento de controlo ao utilizador.
- Não podem ser observados mas têm que ser praticados.

- Providenciam um sentido claro de lugar e direcção.
- Têm uma presença corpórea e temporalidade própria.
- Existem numa realidade não contaminada.

As actividades motivadas intrinsecamente emergem em interfaces humano-máquina providos de significado, onde os sentidos de competência, autonomia e socialização são influenciados por ambientes estruturados de acordo com as *affordances* motivacionais identificadas nas tarefas e no meio (Szalma e Hancock 2008, 123).

Os sistemas afectivos encontram-se intimamente ligados ao mundo físico, onde os objectos podem ser experienciados, pelo que a natureza cognitiva dos mundos virtuais da computação, apresentados como ideias e conceitos sem substância, acabam por ser pouco capazes de suportar atribuição de valor à interacção. No entanto, o recurso a componentes e estruturas específicas do campo da computação hedonómica podem despertar emoções, e conduzir a pessoa para estados de consciência com prevalência da experiência óptima. As *affordances* motivacionais podem ser concebidas como elementos do ambiente de trabalho que facilitam e alimentam motivações intrínsecas. O design de tais *affordances*, depende da identificação de invariantes motivacionais, ou factores do meio ambiente que determinem consistentemente os vários níveis de motivação intrínseca do indivíduo entre diversos contextos (Szalma e Hancock 2008).

“Motivational affordances will be elements of the work environment that facilitate and nurture intrinsic motivation.”
(Szalma e Hancock 2008, 129)

5.5. Prototipagem

Beaudoin-Lafon (2008) define o protótipo como uma representação concreta de parte ou todo um sistema interactivo - apresentado na forma de um artefacto tangível que não requer interpretação de qualquer descrição abstracta – que pode ser classificado consoante a representação, precisão, interactividade e evolução. (Beaudouin-Lafon e Mackay 2008, 1018)

Segundo Beaudouin-Lafon e Mackay (2008), a prototipagem é primariamente uma actividade do design, ainda que envolva engenharia de software para garantir a evolução do protótipo num sistema tecnicamente conseguido, e recorra ao uso de métodos científicos para estudar a efectividade de designs particulares.

A engenharia de software procura, através de avaliações sistemáticas e científicas, apurar o bom funcionamento do sistema.

“Hardware and software engineers often create prototypes to study the feasibility of a technical process. They conduct systematic, scientific evaluations with respect to predefined benchmarks and, by systematically varying parameters, fine tune the system.” (Beaudouin-Lafon e Mackay 2008, 1018)

Por outro lado, os profissionais de design criam protótipos para expressar ideias e reflectir sobre elas através de uma abordagem intuitiva, mais orientada para a descoberta e geração de novas ideias do que para a avaliação de ideias existentes.

“Designers in creative fields, such as typography or graphic design, create prototypes to express ideas and reflect on them. This approach is intuitive, oriented more to discovery and generation of new ideas than to evaluation of existing ideas.” (Beaudouin-Lafon e Mackay 2008, 1018)

Buxton (2007, 139) refere que a fase de desenho deve concentrar esforços de natureza quantitativa para avançar progressivamente com esforços qualitativos na fase da prototipagem. Respeitante à prototipagem da interacção e da experiência, Buxton (2007), refere também que o desenho e prototipagem para o design da interacção e da experiência difere do desenho convencional porque considera atributos próprios da *User Experience*¹⁰², como tempo, fraseamento, transição, dinâmica e sentimento (Buxton 2007, 54).

O protótipo pode ser representado *offline*, incluindo protótipos de papel, storyboards e *mockups*¹⁰³, ou *online*, donde se destacam as animações computadorizadas, apresentações de vídeo interactivo, programas em linguagem script e aplicações desenvolvidas com construtores de interfaces. O grau de precisão refere-se à relevância dos detalhes, consoante o propósito do protótipo. A interactividade é conseguida em representações *offline*, através da simulação do sistema por uma pessoa, como no *Sketch-a-move*¹⁰⁴, em que são usados ímans e tiras de imagens para simular a interacção; e em representações *online*, através da chamada *Técnica do Feiticeiro de Oz*¹⁰⁵, em que os sujeitos são compelidos a interagir com um sistema informático supostamente autónomo, controlado na realidade por um operador humano oculto. Finalmente, o protótipo tem diferentes ciclos de vida: rápido e terminal – usado nas fases iniciais de idealização; ou iterativo e evolutivo – reflecte o design em progresso .

102 User Experience é o termo utilizado para descrever a experiência holística que uma pessoa pode ter como resultado das suas interacções com um produto particular ou serviço.

103 Os Mockups são protótipos físicos, geralmente fabricados a partir de cartão, foamcore, ou outros materiais, que possibilitam ao designer concentrar-se nos aspectos físicos do dispositivo, como o posicionamento de botões. (Beaudoin-Lafon, 2008)

104 (B. Buxton 2007) vídeo de demonstração de uma aluna: http://www.lwk.dk/sketch_a_move/sketch-a-move_mov.html

105 No campo da interacção humano-computador, a técnica do Wizard of Oz consiste na substituição de operadores automatizados (e.g computador) por operadores humanos dissimulados.

A actividade de exploração do design de interação implica o uso de artefactos, cujo carácter social e subversivo obriga a uma reflexão séria e profunda sobre as qualidades estéticas durante o processo de prototipagem. No âmbito do Design de Interação, considerações sobre a estética não se prendem somente ao aspecto e sensações despoletadas pelos artefactos, mas também à estética da interação como um todo, inclusive o funcionamento, a elegância da concepção, o fluir da interação, e na forma como o conteúdo encaixa no interface.

5.6. Conclusões

Foram apresentados os principais desafios cognitivos e motores, sugeridas três abordagens ao design assim como algumas técnicas de prototipagem adequadas ao design da interação multi-táctil.

Os principais desafios cognitivos e motores do design da interação multi-táctil, prendem-se a considerações em torno do ocultamento de interfaces com o braço, a ausência de botões físicos para transição de estado, a activação involuntária de comandos – problema de segmentação, e a dificuldade de aprendizagem de um léxico gestual de natureza arbitrária.¹⁰⁶

A abordagem empírica¹⁰⁷ apresentada, baseada no estudo realizado por Wobbrock, Morris e Wilson¹⁰⁸, resulta num conjunto de técnicas de interação multi-táctil manipulativos e comunicativos para a realização de tarefas de selecção, agrupamento, duplicação, eliminação entre outras e em dados importantes relativos ao comportamento do utilizador face à interação multi-táctil. A abordagem metafórica¹⁰⁹, fundamentada na teoria da metáfora de Lakoff e Johnson¹¹⁰, relaciona a interação intuitiva e transparente com os níveis sensorio-motor e cultural do continuum do conhecimento como proposto por Hurtienne e Blessing¹¹¹. A abordagem fenomenológica¹¹², descrita em três partes relativas a aspectos determinantes do design fenomenológico - a experiência humana, o ser/corpo no mundo e a qualificação da experiência pelo enfoque na felicidade – enquadra-se no terceiro paradigma de HCI, como sugerido por Harrison, Tatar e Sengers¹¹³.

106 Ver 5.1

107 Ver 5.2

108 (Wobbrock, Morris e Wilson, User-defined gestures for surface computing 2009, 1083-1092)

109 Ver 5.3

110 (Lakoff e Johnson, Metaphors We Live By 1980)

111 (Hurtienne e Blessing, Metaphors as Tools for Intuitive Interactions with Technology 2007)

112 Ver 5.4

113 Segundo Harrison, Tatar e Sengers (2009), o terceiro paradigma de HCI apela a um entendimento do pensamento humano sob um ponto de vista fenomenológico, ou seja, a partir do modo como o humano entende o mundo, a si mesmo e a interação.

O design centrado na experiência humana¹¹⁴, foi descrito à luz dos contributos de James Gibson¹¹⁵, Donald Norman¹¹⁶ e Klaus Krippendorff¹¹⁷, com o intuito de reflectir a transição de Object-centered para User-centered - com base na teoria da óptica ecológica de James Gibson¹¹⁸ e Donald Norman¹¹⁹; e a transição de User-centered para Human-centered – a partir da reformulação do pensamento de Donald Norman sobre o papel da emoção e da estética na interacção (com base das descobertas de António Damásio¹²⁰, da abordagem ao design sugerida por Branco et al¹²¹, até à viragem semântica por Krippendorff¹²². O design centrado na experiência humana deve considerar a percepção - para reconhecimento do mundo; a emoção - para atribuição de valor; e a linguagem – para construção de significado.

Como sugerido por Svanae¹²³, a interacção corpórea foi abordada à luz do pensamento de Merleau-Ponty, Heidegger e Wittgenstein; centrados no quotidiano e existência factual do numano. Com base em Tripathi¹²⁴, conclui-se que a base teórica fornecida por Merleau-Ponty, Wittgenstein e Heidegger, providencia um pano de fundo para o design de ferramentas manuseáveis e socialmente activas no contexto da computação ubíqua.¹²⁵

O enfoque na qualidade da experiência¹²⁶ reflecte a emergência do terceiro paradigma de HCI e a transição de um design centrado no utilizador para um design centrado na pessoa. A partir da análise do modelo hedonómico de Hancock, Pepe e Murphy¹²⁷, baseado numa hierarquia de prioridades para o design de interacções, foram identificados dois domínios sinérgicos de enfoque no design: o domínio ergonómico, com considerações em torno de aspectos como segurança, funcionalidade e usabilidade e o domínio hedonómico, orientado para a dimensão pessoal do indivíduo - a experiência agradável e o bem-estar subjectivo, como sugerido por

114 Ver 5.4.1

115 (Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception* 1979)

116 (Norman, *Design of everyday things* 1988 (1999)) e (Norman, *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things* 2004)

117 (Krippendorff, *The Semantic Turn* 2006)

118 (Gibson, *The Ecological Approach to Visual Perception* 1979)

119 (Norman, *Design of everyday things* 1988 (1999))

120 (Damasio, *O erro de Descartes* 1999)

121 (Branco et al., *From Aristotle to Damásio: towards a rhetoric on interaction* 2003)

122 (Krippendorff, *The Semantic Turn* 2006)

123 (Svanae, *Designing Interactivity: Steps to a Phenomenology of Human-Computer Interaction* 2000)

124 (Tripathi, *Computers and the Embodied Nature of Communication: Merleau-Ponty's New Ontology of Embodiment* 2005)

125 Ver 5.4.2

126 Ver 5.4.3

127 Derivação da Pirâmide das necessidades de Maslow por Hancock, Pepe e Murphy 2005

Hancock, Pepe e Murphy¹²⁸; a individuação, a actualização do eu e o bem-estar psicológico, como sugerido posteriormente por Szalma e Hancock¹²⁹.

Reconheceu-se que os objectivos da usabilidade dependem das *affordances perceptuais*, segundo a teoria da óptica ecológica de Gibson¹³⁰, e que os objectivos da experiência dependem das *affordances hedonómicas* propostas por Hancock, Pepe e Murphy¹³¹. Posteriormente, Hancock e Szalma¹³² diferenciaram o último patamar do modelo hedonómico de prioridades proposto por Hancock, Pepe e Murphy¹³³, com a introdução das *affordances motivacionais* como parte da *Eudainómica*, descrita por Ryan¹³⁴ como centrada no bem-estar psicológico, significado e actualização do eu¹³⁵.

A motivação intrínseca foi descrita segundo Krippendorff¹³⁶ como - acção justificada nos seus próprios termos cujo prazer é retirado do envolvimento da pessoa no processo – e segundo Szalma e Hancock¹³⁷ como – actividade emergente em interfaces humano-máquina providos de significado, onde os sentidos de competência, autonomia e socialização são influenciados por ambientes estruturados de acordo com as *affordances motivacionais* identificadas nas tarefas e no meio. O design das *affordances motivacionais* depende da identificação de invariantes motivacionais, ou factores do meio ambiente que determinem consistentemente os vários níveis de motivação intrínseca do indivíduo entre diversos contextos. Relacionando os aspectos da usabilidade com as *affordances perceptuais*, como demonstrado pela teoria da óptica ecológica de James Gibson¹³⁸, os aspectos em torno do bem-estar subjectivo com as *affordances hedonómicas*, como sugerido por Hancock, Pepe e Murphy¹³⁹, e os aspectos em torno do bem-

128 (Hancock, Pepe e Murphy, Hedonomics: The Power of Positive and Peasurable Ergonomics 2005, 8-14)

129 (Szalma e Hancock, Task Loading And Stress in Human Computer Interaction:Theoretical Frameworks and Mitigation Strategies 2008, 116-129)

130 (Gibson, The Ecological Approach to Visual Perception 1979)

131 (Hancock, Pepe e Murphy, Hedonomics: The Power of Positive and Peasurable Ergonomics 2005, 8-14)

132 (Szalma e Hancock, Task Loading And Stress in Human Computer Interaction:Theoretical Frameworks and Mitigation Strategies 2008, 116-129)

133 (Hancock, Pepe e Murphy, Hedonomics: The Power of Positive and Peasurable Ergonomics 2005, 8-14)

134 (Ryan, Hedonomics: The Power of Positive and Peasurable Ergonomics 2001, 116-129)

135 O conceito de actualização do eu foi introduzido segundo as perspectivas de Goldstein¹³⁵ e Maslow¹³⁵, e desenvolvido à luz da teoria do Fluxo de Csikszentmihalyi¹³⁵.

136 (Krippendorff, Intrinsic motivation and human-centered design 2004)

137 (Szalma e Hancock, Task Loading And Stress in Human Computer Interaction:Theoretical Frameworks and Mitigation Strategies 2008, 116-129)

138 (Gibson, The Ecological Approach to Visual Perception 1979)

139 (Hancock, Pepe e Murphy, Hedonomics: The Power of Positive and Peasurable Ergonomics 2005, 8-14)

sestar psicológico, o aumento do sentido de competência, autonomia, socialização e actualização do eu com as *affordances motivacionais*, como sugerido por Szalma e Hancock¹⁴⁰, conclui-se que o design orientado para a qualificação da experiência pode beneficiar da integração desses elementos *affordativos* na prática projectual.

Reflectiu-se sobre o papel e importância da prototipagem nas componentes de exploração, comunicação e validação, nomeadamente no campo da *User Experience*, onde foram apresentadas técnicas de prototipagem estendidas a outros matérias e técnicas inovadoras capazes de considerar atributos como tempo, fraseamento, transição, dinâmica e sentimento, como sugerido por Buxton¹⁴¹ e Beaudouin-Lafon¹⁴². Finalmente discutiu-se a importância das qualidades estéticas dos protótipos como artefactos dotados de carácter social.

140 (Szalma e Hancock, Task Loading And Stress in Human Computer Interaction:Theoretical Frameworks and Mitigation Strategies 2008)

141 (B. Buxton, Sketching User Experiences: Getting the Design Right and the Right Design 2007)

142 (Beaudouin-Lafon e Mackay, Prototyping Tools and Techniques. 2008)

6. Conclusões

6.1. Limitações deste estudo

A abrangência das áreas abordadas nesta investigação torna inexequível a análise de toda a literatura existent acerca do design e interação gestual. O estudo limitou-se e focou-se, por isso, na recolha da documentação relacionada com interação multi-táctil, tecnologias de reconhecimento gestual e design fenomenológico. Este estudo pretende contribuir para o aferimento de um quadro metodológico que possa permitir a comunidade de designers e developers com interesse no desenvolvimento de interfaces gestuais por entrada multi-táctil, e constituir-se num ponto de partida para uma abordagem pragmática.

6.2. Quadro metodológico para o design da interação multi-táctil

Ao longo deste texto foram apresentadas as principais técnicas de reconhecimento gestual usadas actualmente; diferenciada a interação gestual natural dotada de um mapeamento directo entre acção/efeito da interação simbólica realizada com gestos específicos e pré-determinados; introduzidas as potencialidades da interação bi-manual assimétrica combinada com interfaces instrumentais; foram também considerados os principais aspectos ergonómicos relativos à anatomia da mão (e.g. o grau de liberdade que proporcionam as articulações da mão) e à dinâmica do gesto (e.g. segmentação); finalmente foram identificadas as principais considerações no design da interação multi-táctil, nomeadamente os desafios cognitivos e motores, o papel da metáfora na concepção de um modelo de interação transparente e intuitivo, e as técnicas de prototipagem mais adequadas para o efeito .

O desenvolvimento de um interface multi-táctil implica um entendimento da natureza própria a uma interação mais directa. A interação com um dispositivo directo, seja ele capaz de reconhecer um ponto, discreto ou contínuo, ou múltiplos pontos de contacto, realiza-se num plano comum ao utilizador e sistema.

O desenho de um interface de entrada discreta como um *touchscreen* não difere substancialmente de um painel de botões analógicos: adicionar pistas *affordativas*, adequar a escala dos elementos interactivos ao tamanho das pontas dos dedos e evitar o ocultamento de conteúdos com o braço são algumas das considerações para o design de interação. Já o desenho de um interface de entrada contínua aproxima-se mais do paradigma da interação por manipulação directa (e.g. rato, touchpad) sendo por tal, multi-ponto.

Estas duas modalidades da interacção directa – discreta (*touchscreen*) e contínua (*multiponto*) – distinguem-se da interacção mediada indirectamente por não requerem uma representação simbólica do sujeito na forma de um cursor/apontador. No entanto, ambas reduzem a liberdade do utilizador a um ou dois graus de movimento.

No caso concreto da interacção multi-táctil, são adicionadas outras dimensões que proporcionam maior liberdade de movimento ao utilizador. Comparando com a interacção por multi-ponto (que permite o movimento de translacção de um único ponto de contacto) a interacção multi-táctil oferece uma experiência mais próxima do modo como nos relacionamos com o mundo. Todos os dedos (de ambas) as mãos podem ser usados para manipular objectos bi-dimensionais da mesma forma que manipulamos no mundo físico documentos sobre uma superfície, seja esta horizontal ou vertical, que não terá que ser necessariamente uma secretária.

Os benefícios da interacção multi-táctil incluem a combinação do espaço do utilizador com o espaço do sistema, a redução da carga cognitiva e aumento do envolvimento sensório-motor na acção. No capítulo 5 são introduzidas três abordagens ao design da interacção gestual – uma abordagem empírica (5.2), uma abordagem metafórica (5.3) e uma abordagem fenomenológica (5.4). A abordagem empírica¹⁴³ é baseada no estudo realizado por Wobbrock, Morris e Wilson, que fornece um conjunto de asserções sobre o comportamento típico de utilizadores na interacção com sistemas de reconhecimento gestual sobre superfície. A abordagem metafórica¹⁴⁴, baseada na teoria de Johnson e Lackoff e nos estudos de Hurtienne e Blessing, fornece um plano de fundo para o design de técnicas de interacção gestual transparentes e intuitivas. Finalmente, a abordagem fenomenológica¹⁴⁵, descrita à luz do pensamento filosófico de Merleau-Ponty, Heidegger e Wittgenstein, dos contributos da psicologia positiva por Csikszentmihalyi e Goldstein, e dos contributos de Norman, Krippendorff e Hancock no campo do HCI e Design da interacção, reflecte uma viragem no pensamento em design direccionado para a corporeidade e a qualificação da experiência.

De forma a ultrapassar as limitações do actual paradigma GUI e metáfora da secretária, sugere-se ainda uma abordagem ao design da interacção multi-táctil que vise o entendimento do interface como um dispositivo de entrada virtual que o utilizador pode activar e controlar pelo recurso a gestos naturais, metafóricos e instrumentais. Parece recomendável uma aproximação ao design centrado na experiência humana – no modo como humano se relaciona com o mundo através do corpo e do uso que faz da linguagem – com vista à construção de experiências intrinsecamente motivadoras que favoreçam comportamentos autotélicos e exploratórios. Para este efeito, sugere-se como metodologia a exploração de metáforas e conceitos capazes de despertar

143 Ver 5.2

144 Ver 5.3

145 Ver 5.4

o interesse e convidar à exploração. Através da observação de pessoas no quotidiano e da exploração dos seus imaginários, o designer pode identificar metáforas que possam ser usadas directamente na interacção ou como auxiliar no processo da concepção.

A identificação de novas metáforas para a interacção gestual humano-computador é um dos principais desafios do design da interacção multi-táctil: sugere-se nesse contexto, a exploração e associação de metáforas do quotidiano e da instrumentalidade com metáforas do imaginário e da magia, no sentido de motivar as pessoas a explorar as similitudes entre o domínio de conhecimento familiar – do quotidiano e do imaginário – e o domínio correspondente não familiar, baseando-se em correspondências que possibilitem a formação de um modelo conceptual da interacção segundo a teoria de Lackoff¹⁴⁶.

A correspondência entre o gesto e o *feedback* do sistema será determinante na resposta emocional da pessoa à actividade. Por outro lado, é importante para a pessoa que os gestos reconhecidos pelo sistema sejam em si mesmo sugestivos e auto-reveladores.

Outro aspecto importante é o domínio da qualidade da experiência. Duas perspectivas opostas mas complementares podem ser exploradas na conceptualização de interfaces multi-táctil: a perspectiva hedonómica centrada nas emoções, e a perspectiva heudainómica centrada na motivação; a primeira, no prazer, e a segunda no significado. Procura-se assim alcançar uma visão holística da experiência – simultaneamente imediata e duradoura, intensa no momento e motivada pela promessa de continuidade – no sentido de permitir à pessoa a obtenção de uma experiência óptima, isto é, orientada para facilitar o acesso ao estado de fluxo¹⁴⁷. No contexto desta filosofia da interacção, recomenda-se a inclusão de *affordances hedonómicas*¹⁴⁸, que potenciem a reacções emocionais por parte do utilizador, e de *affordances motivacionais*^{149 150}, capazes de justificar a acção nos seus próprios termos, no desenho da interacção.

Finalmente, recomenda-se a realização de protótipos com técnicas de prototipagem estendida, capazes de comunicar numa primeira fase da concepção o conjunto de acções possíveis e o funcionamento do sistema conceptualizado. Devido à natureza corpórea da interacção multi-táctil, a prototipagem de técnicas de interacção gestual sobre superfície requer alargamento e

146 (Lakoff e Johnson, *Metaphors We Live By* 1980) – ver 5.3

147 (Csikszentmihalyi, *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play* 1975)

148 (Hancock, Pepe e Murphy, *Hedonomics: The Power of Positive and Pleasurable Ergonomics* 2005, 8-14)

149 (Szalma e Hancock, *Task Loading And Stress in Human Computer Interaction: Theoretical Frameworks and Mitigation Strategies* 2008, 116-129)

150 (Krippendorff, *Intrinsic motivation and human-centered design* 2004)

diversidade no uso de materiais e técnicas de construção^{151 152}. Para além da prática do desenho, como esboço, storyboard ou ilustração, podem ser construídos protótipos de cartão e cartolina aos quais podem ser adicionados elementos do quotidiano como elásticos, pinos, anilhas, tubos, ímans, arame, etc. Outros materiais como vidro, acrílico, madeira ou ferro, cada um com propriedades físicas próprias podem ser também explorados, tanto funcional como esteticamente.

6.3. Perspectivas de trabalho futuro

Ao longo deste ano, procurei definir um método para o design de interfaces multi-táctil que apliquei de forma sistemática na exploração de possibilidades de interação. Procurei ainda novas formas de interagir com uma superfície, tendo em conta diversos contextos de uso, condicionantes cognitivas e motoras – em grande parte determinadas pela preponderância dos ainda vigentes *Graphical User Interfaces* – que fosse capaz de proporcionar uma experiência agradável e motivadora da exploração ao utilizador.

Foram desenvolvidos diversos protótipos a partir de técnicas de prototipagem estendida que revelaram ser possível articular variáveis como tempo, fraseamento, transição, dinâmica e sentimento para a idealização da experiência. Esses protótipos tornaram-se também capazes de representar e comunicar essa idealização a uma audiência, considerando as variáveis da resistência e estética, para poderem ser introduzidos como artefactos sociais convidativos à interação, discussão e reflexão.

Outras perspectivas de trabalho futuro incluem o desenvolvimento de mecanismos e estruturas que possibilitem a manipulação multi-táctil de valores numéricos e funções lógicas para a construção de algoritmos, a exploração de técnicas de interação para ambientes 3d e o desenvolvimento de interfaces lúdicos bi-manuais entre dois oponentes.

Finalmente, todas as técnicas de interação multi-tácteis propostas requerem algum grau de implementação para a realização de testes de usabilidade para aferimento dos aspectos passíveis de verificação e melhoramento.

Encontram-se em anexo dois projectos: *Projecto de interface instrumental (anexo 1)*, e um *Modelo conceptual de ambiente de trabalho multi-táctil (anexo 2)*.

151 (B. Buxton, *Sketching User Experiences: Getting the Design Right and the Right Design* 2007)

152 (Beaudouin-Lafon e Mackay, *Prototyping Tools and Techniques*. 2008)

O paradigma de interação vigente constitui um avanço significativo relativamente aos paradigmas de interação anteriores mas encontra-se reduzido à manipulação de uma representação simbólica de um sujeito através de um dispositivo de entrada indirecta como o rato. Perante a generalização do paradigma de interação multi-táctil, com produtos da Microsoft e Apple a incorporarem sistemas de reconhecimento gestual, torna-se ainda notória a influência do paradigma vigente no design da interação – as propostas de interação mais mediatizadas oferecem poucos graus de liberdade para manipulação de conteúdos e objectos, ficando aquém do modo como interagimos com objectos no quotidiano.

A interação gestual, ao possibilitar uma relação com conteúdos digitais dentro de uma superfície mais próxima do modo como nos relacionamos com o mundo físico dos objectos, permite-nos ultrapassar as barreiras cognitivas do estilo de interação vigente, que a metáfora da secretária preconiza. A metáfora de secretária, a par do estilo de interação WIMP (window, icon, menu, pointer), constituiu um avanço significativo na forma como nos relacionamos com os computadores. No entanto, perante esse modelo de interação vigente, encontramos-nos ainda reduzidos à manipulação de uma representação simbólica através de dispositivos de entrada indirecta como o rato ou o teclado.

Esta dissertação, focando-se no estudo das superfícies reactivas multi-táctil, pretende constituir-se numa síntese que permita a reflexão crítica sobre os principais aspectos pragmáticos e filosóficos que o advento da interação gestual permite antecipar. Espera-se também que sirva para reforçar a necessidade de uma nova abordagem ao design da interação com dispositivos directos, distante do paradigma WIMP construído em torno de um universo semiótico de ícones e janelas, e mais próximo da pessoa, da experiência e da relação corpórea que mantém com os objectos através da mão.

Argumentamos em favor de uma nova abordagem ao design da interação gestual tendo como elemento central a abordagem fenomenológica – o designer da interação gestual pode considerar o objecto como extensão do corpo, a partir do qual é construída uma relação mais próxima do modo como a pessoa percebe o meio na vida real – auxiliada por dados obtidos por investigação empírica e por uma concepção da metáfora como elemento estruturante da interação.

FIM

Bibliografia

Baecker, R.M. "GENESYS - Interactive Computer-Mediated Animation." *Appears in Computer Animation (John Halas, Editor)*. New York: Hastings House, 1974. 97-115.

Beaudouin-Lafon, M. "Instrumental Interaction: An Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces." *Proceedings of the ACM CHI 2000*. ACM, 2000. 446-453.

Beaudouin-Lafon, M., e W. Mackay. "Prototyping Tools and Techniques." In *Human-Computer Interaction Handbook*, de A. Sears e Julie A. Jacko, pp. 1017-1039. 2008.

Billinghurst, M., e W. Buxton. "Gesture Based Interaction." In *Haptic Input*, de W Buxton. 2008.

Branco, V., Branco, J., Ginoulhiac, M., Dias, N., & Branco. "From Aristotle to Damásio: towards a rhetoric on interaction." In *Design and Emotion. Volume 1, Part 1*, de P. Hekkert, J. Erp, & D. Gyi McDonagh, 372-376. CRC Press, 2003.

Brandl et al., P. "Occlusion-Aware Menu Design for Digital Tabletops." *CHI 2009, April 4-9*. Boston, Massachusetts: ACM, 2009.

Bush, V. "As we may think." *The Atlantic Online*, 07 de 1945.

Buxton, B. "Multi-touch systems that i have known and loved." *Billbuxton*. 2007.
<http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html> (acedido em 20 de Janeiro de 2009).

—. *Sketching User Experiences: Getting the Design Right and the Right Design*. Morgan Kaufmann, 2007.

Buxton, B., e B. Myers. "A study in two-handed input." *Proceedings of CHI'86*. ACM, 1986. 321-326.

Buxton, W. "A three-state model of graphical input." *Proceedings of the INTERACT'90*. 1990. 449-456.

—. "Lexical and Pragmatic Considerations of Input Structures." *Computer Graphics 17 (1)*, 1983: 31-37.

Cadoz, C. "Instrumental Gesture and Musical Composition." *International Computer Music Conference*. Cologne, 1988.

Cadoz, C., e M.M. Wanderley. "Gesture - Music." *Trends in Gestural Control of Music*. Paris, France: Ircam, 2000.

Csikszentmihalyi, M. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. NY: Harper and Row, 1990.

Csikszentmihalyi, Mihaly. *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play*. San Francisco: Jossey-Bass, 1975.

Damásio, A. *O erro de Descartes*. 1999.

Dietz, P., e D. Leigh. "DiamondTouch: A Multi-User Touch Technology." Cambridge, Massachusetts: MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES, 2003.

Elias, J.G., W.C. Westerman, e M.M. Haggerty. Multi-touch Gesture Dictionary. EUA Patente US 2007/0177803 A1. 2 de Agosto de 2007.

Engelbart, D. *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*. Wahington: Director of Information Sciences, Air Force Office of Scientific Research, 1962.

Fineman, B. "Computers as people: human interaction metaphors in human-computer interaction." *thesis submitted to candidacy for the degree of Master of Design in Interaction Design*. The School of Design, Carnegie Mellon University, 2004.

Fitts, M. P. "The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement." *Journal of Experimental Psychology*, Junho de 1954: 381-391.

Fitzmaurice, G., H. Ishii, e W. Buxton. "Bricks: Laying the Foundations for Graspable User Interfaces." *Proceedings of CHI 1995*,. ACM, 1995. 442-449.

Fitzmaurice, G.W. "Graspable User Interfaces." University of Toronto: Graduate Department of Computer Science , 1996.

Fogg, , B., G. Cuellar, e D. Danielson. "Motivating, Influencing and Persuading Users: An Introduction to Captology." In *Computer Interaction Handbook*, de A. Sears e J. A. Jacko. 2008.

Foley, J. D., V. L. Wallace, e P. Chan. "The human factors of computer graphics interaction technique." IEEE Computer Graphics & Application, 1984.

Gibson, J.J. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin, 1979 .

Goldstein, K. *The organism: A Holistic Approach to Biology*. NY: American Book Company, 1939.

Grudin, J. "A moving target: the evolution of HCI." In *Human-Computer Interaction Handbook*, de A. Sears e J. A. Jacko, 2-24. 2008.

Guiard, Y. "Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model." *The journal of motor behavior*, 1987: 486-517.

Han, J. Y. "Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection." *UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA: ACM, 2005. 115-118.

Hancock, P. A., A. A. Pepe, e L. L. Murphy. "Hedonomics: The Power of Positive and Peasurable Ergonomics." *Ergonomics in Design*, Inverno de 2005: 8-14.

Harrison, S., D. Tatar, e P. Sangers. "The Three Paradigms of HCI." *Proceedings of CHI 2007*. San José: ACM, 2007.

Hinckley, K. "Input technologies and techniques." In *Human-Computer Interaction Handbook*, de A. Sears e J. A. Jacko, 161-199. 2008.

Hinckley, K., R.J.K. Jacob, e C. Ware. "Input/output Devices and Interaction Techniques." In *The Computer Science Handbook*, de A.B. Tucker, 20.1-20.32. Chapman and Hall/CRC Press, 2004.

Hurtienne, J., e L. Blessing. "Metaphors as Tools for Intuitive Interactions with Technology." *: *, 2007.

iPhone - Apple. 2007. <http://www.apple.com/iphone/technology> (acedido em 02 de 08 de 2009).

Ishii, H., e B. Ullmer. "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces." *Proceedings of CHI '97, March 22-27*. ACM, 1997.

Jacob, Robert J.K., John J. Leggett, Brad A. Myers, e R. Pausch. "An Agenda for Human-Computer Interaction Research: Interaction Styles and Input/Output Devices." *Behaviour and Information Technology*. Vol. 12. 1993. 69-79.

Johnson, M. *The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning*. University of Chicago: Imagination, and Reason, 1987.

Jordà, S., M. Kaltenbrunner, G. Geiger, e R. Bencina. "The reacTable*: A Collaborative Musical Instrument." Universitat Pompeu Fabra: Music Technology Group/IUA, 2003.

Karam, M. and schraefel, m. c. "A Taxonomy of Gestures in Human Computer Interactions." *Technical Report ECSTR-IAM05-009, Electronics and Computer Science*. University of Southampton, 2005.

Kay, A. "Personal Dynamic Media." *IEEE Computer*. 1977. 31-42.

Krippendorff. *The Semantic Turn*. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006.

Krippendorff, K. *Intrinsic motivation and human-centered design*. Annenberg: Theoretical Issues in Ergonomic Science, Volume 5,1, 2004, 43-71.

Krueger, M., T. Gionfriddo, e K. Hinrichs. "VIDEOPLACE - An artificial reality." *CHI '85: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. ACM, 1985. 35-40.

Kurtenbach, G., e E. A. Hulteen. "Gestures in Human-Computer Interaction." In *The Art of Human-Computer Interaction*, de B. Laurel, 310. Reading, Mass: Addison-Wesley, 1990.

Lakoff, G., e M. Johnson. *Metaphors We Live By*. University Of Chicago Press, 1980.

Licklider, J. C. R., e W. Clark. "On-line man-computer communication." *AFIPS Conference Proceedings*, 21. 1962. 113-128.

Licklider, J. C.R. "Man-Computer Symbiosis." *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*. 1960. 4-11.

Tron. Realizado por S. Lisberger. 1982.

Mackinlay, J. D., S. K. Card, e G. .G Robertson. "A Semantic Analysis of the Design Space of Input." In *Human-Computer Interaction*, 145-190. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1990.

magic mouse - Apple. 2009. <http://www.apple.com/pt/magicmouse/> (acedido em 10 de 10 de 2009).

Manovich, L. "The poetics of augmented space." SAGE, Visual Communication , 2006.

Maslow, A. H. "A Theory of Human Motivation." *Psychological Review*, 50, . 1943. 370-396.

Matsushita, N., e J. Rekimoto. "HoloWall: Designing a Finger, Hand, Body, and Object Sensitive Wall." *Proceedings of UIST'97*. ACM, 1997.

Mehta, Nimish. *A flexible machine interface*. Toronto, Canada: M.A.Sc. Thesis, Department of Electrical Engineering, University of Toronto, 1982.

Microsoft Surface. 2007. <http://www.microsoft.com/surface/> (acedido em 01 de 08 de 2009).

Mohs, et al. "IUUI – Intuitive Use of User Interfaces." In *Usability Professionals*, de et al. Matthias. Stuttgart, 2006.

Nakatani, L. H., e J. A. Rohrlrich. "Soft MACHines: A Philosophy of User-Computer Interface Design." *CHI' 83 - Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 1983. 12-15.

Neale, Dennis C., e John M. Carroll. "The role of metaphors in user interface design." In *Handbook of human-computer interaction*, de M. Helander, 463-488. NY: North-Holland., 1997.

Norman, D. A. *Design of everyday things*. London, England: The MIT Press, 1988 (1999).

—. *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. New York: Basic Books, 2004.

NUI Group, Authors. *Multi-Touch Technologies*. 2009.

Pavlovic, V. I., R. Sharma, e T. S. Huang. "Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: A review." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine. Intell.* 19,7. 1997. 677-695.

Perceptive Pixel. <http://www.perceptivepixel.com> (acedido em 10 de 09 de 2009).

Quek, F.K.H. "Toward a Vision-based Hand Gesture Interface." *Virtual Reality Software and Technology Conference*. 1994. 17-31.

Ryan, R. R., & Deci, E. L. "On happiness and human potentials: A review of research on hedonic and eudaimonic well-being." *Annual Review of Psychology*, 52. 2001. 141-166.

Schöning, J., A. Krüger, e P. Olivier. "Multi-touch is Dead, Long live Multi-touch." *CHI 2009, April 4 – April 9*. Boston, MA, USA: ACM, 2009.

Secor, H. "Hands Create Radio Music (Theremin)." *Science and Invention*, December de 1927.

Shannon, C. "A Mathematical Theory of Communication." (The Bell System Technical Journal) 27 (Julho, Outubro 1948): 379-426, 623-656.

Minority Report. Realizado por S. Spielberg. 2002.

Sutherland, I. E. "SketchPad: A Man-Machine Graphical Communication System." *SKETCHPAD, A MAN-MACHINE*. M.S., California Institute of Technology, 1960.

Svanae, D. *Designing Interactivity: Steps to a Phenomenology of Human-Computer Interaction*. NTNU, Trondheim, Norway. PhD, 2000.

Szalma, J. L., e P. A. Hancock. "Task Loading And Stress in Human Computer Interaction: Theoretical Frameworks and Mitigation Strategies." In *The Human-Computer Handbook*, 116-129. 2008.

TEDTalks - Jeff Han demos his breakthrough touchscreen. 02 de 2006.

http://www.ted.com/talks/lang/eng/jeff_han_demos_his_breakthrough_touchscreen.html (acedido em 05 de 09 de 2009).

Tripathi, A. K. "Computers and the Embodied Nature of Communication: Merleau-Ponty's New Ontology of Embodiment." *Ubiquity* 6, n.º 17 (2005): pp.1.

Vairinhos. *Interactividade e Mediação*. Porto: Mimesis - Coleção Novos Média, 2002.

Weiser, M. "The Computer for the Twenty-First Century." *Scientific American*, Setembro de 1991: 94-104.

Wellner, P. "The DigitalDesk Calculator: Tangible Manipulation on a Desk Top Display." University of Cambridge Computer Laboratory and Rank Xerox EuroPARC, 1991.

Westerman, W. *Hand Tracking, Finger Identification, and Chordic Manipulation on a Multi-Touch Surface*. Montagem por U of Delaware PhD Dissertation. 1999.

Westerman, W.C. Gesture Learning. EUA Patente US 2008/0163130 A1. 3 de Julho de 2003.

Wison, A. "TouchLight: An Imaging Touch Screen and Display for Gesture-Based Interaction." Microsoft Research, 2005.

Wittgenstein, L. "Philosophical Investigations."

Wobbrock, J.O., M.R. Morris, e A.D. Wilson. "User-defined gestures for surface computing." *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*. NY: ACM, 2009. 1083-1092.

Lista de Figuras

FIG. 1 modelo de interação multi-táctil proposto para o projecto Gravitator	15
FIG. 2 Versão incompleta do “Fluxograma” sobre a teoria do <i>Fluxo</i> e o design da interação (a versão completa pode ser descarregada em http://heldersantosdesign.wordpress.com/fluxograma)	16
FIG. 3 Modelo de tipologia de gestos facilitação do processo de projectação de técnicas de interação gestual.	17
FIG. 4 Protótipos do tipo mock-ups realizados com ímans, elásticos, cartolina, acrílico	17
FIG. 5 Eniac “U.S. Army Photo”, de K. Kempf, “Historical Monograph: Electronic Computers Within the Ordnance Corps” The ENIAC, in BRL building 328 – http://www.mrsec.wisc.edu/Edetc/SlideShow/slides/computer/eniac.html	20
FIG. 6 O Memex de Vannevar Bush – http://www.lifewithalacrity.com/2004/10/tracing_the_evo.html	21
FIG. 7 Sketchpad de Ivan Sutherland – http://www.mat.ucsb.edu/~wakefield/amv/visualmusic.htm	22
FIG. 8 Os paradigmas CLI (MS-DOS), GUI (Xerox Star) e TUI (ReacTable)	24
FIG. 9 From GUI to <i>Tangible User Interfaces</i> (Ishii e Ullmer 1997, 2)	25
FIG. 10 Interação com o VideoPlace de Krueger (1983), o iPhone da Apple (2007) e o Surface da Microsoft (2007)	26
FIG. 11 Imagem da longa-metragem Tron realizada por Lisberger em 1982	27
FIG. 12 Longa-metragem <i>Minority Report</i> realizada por Steven Spielberg em 2002 e de Jeff Han nas Ted Conference em 2006	28
FIG. 13 “The attention of the term “multi-touch” analisado com o Google Trends. The data is scaled (fixed) based on the average search traffic of the term.” in Multitouch is Dead – Shoening (2009)	28
FIG. 14 Adaptação de Jeremy Kemp do diagrama de Hype-cicle de Garner para o multitouch (Schöning, Krüger e Olivier 2009)	29
FIG. 15 Dispositivo multi-táctil usado nas Eleições Norte-Americanas de 2008 na MSNBC	30
FIG. 16 Exemplificação da taxonomia de (Mackinlay, Card e Robertson 1990, 152-153)	33
FIG. 17 Modelo de três estados para dispositivos de entrada directa State 0-2 Transition (Buxton 1990, 455)	35
FIG. 18 Hugh Le Cain em 1948 com o Sackbut, actualmente reconhecido como o primeiro sintetizador voltaico. Cada dedo opera sobre um controlador sensível à pressão que permite o controlo de volume, pitch, e timbre.	36
FIG. 19 <i>Touchpad</i> com modos relativo e absoluto e gestos reconhecidos pelo <i>Synaptics GestureSuite</i>	37
FIG. 20 O Magic Mouse da Apple - interações discretas (click e tab) e contínuas (pan)	37
FIG. 21 Plato IV Touch Screen erminal Computer-based Education Research Laboratory, University of Illinois, Urbana-Champaign	38
FIG. 22 Técnica de interação do Videoplac de Maryon Krueger (1983) usada no iPhone da Apple	39
FIG. 23 “Block diagram of vision based gesture interpretation system” (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 4)	41
FIG. 24 Modelo da mão humana baseado no esqueleto (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 4)	42
FIG. 25 Taxonomia de Quek adaptada por (Pavlovic, Sharma e Huang 1997, 47)	45
FIG. 26 Taxonomia de gestos de superfície baseado em 1080 gestos (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 1087)	46
FIG. 27 O Theremin na Capa do Jornal Science and Invention (Secor 1927)	49
FIG. 28 Exemplo de Léxico gestual desenvolvido pela Fingerworks	51
FIG. 29 19 Técnicas de interação bi-manual, desenvolvidas pelo Mitsubishi Electric Research Laboratories de Cambridge, em conjunto com o Department of Computer Science da universidade de Toronto, em 2006 (Wu, et al 2006, 5)	54
FIG. 30 Interação bi-manual com Instrumento multi-táctil em desenvolvimento pelo Adobe Experience Design Team	56
FIG. 31 Design original do laboratório Media Interaction Lab, Upper Austria University of Applied Sciences com Nortel Networks, Canada (Brandl et al. 2009)	62
FIG. 32 “User-defined gesture set” – os gestos reversíveis (zoom in/ zoom out, próximo/anterior) foram representados em apenas uma direcção. (Wobbrock, Morris e Wilson 2009, 7)	63
FIG. 33 Modelo hedonómico da hierarquia das necessidades derivado da Pirâmide das necessidades de Maslow (Hancock, Pepe e Murphy 2005, 11)	75
FIG. 34 Ilustração 23 (Dias, N. 2009) modelo adaptado de Csikszentmihalyi, Massimo e Maslow em desenvolvimento	77
FIG. 35 Instrumento musical <i>Cordophone&Percufone</i> (interacção instrumental)	101
FIG. 37 Interação directa no elástico e reprodução de som	103

Anexos

Interface multi-táctil instrumental (Anexo1)

Simulador de instrumentos musicais de cordas e percussão automatizável formados por componentes modulares tangíveis que respondem a técnicas de interação multi-ponto e multi-táctil.

Dois tipos de estruturas – *Cordofone* e *Percufone* – respondem a gestos dinâmicos semelhantes aos usados na interação com instrumentos de cordas e percussão. Um gesto contínuo perpendicular ao sentido longitudinal de um interface semelhante e um elástico esticado, produz um som de corda cuja intensidade varia em função da velocidade e amplitude do movimento. Por outro lado, um gesto discreto sobre uma forma circular produz um som de percussão cuja intensidade varia em função da duração do contacto e do número de dedos usados.

As duas estruturas podem ser associadas para dar origem a um artefacto a partir do qual a pessoa pode produzir um arranjo musical.

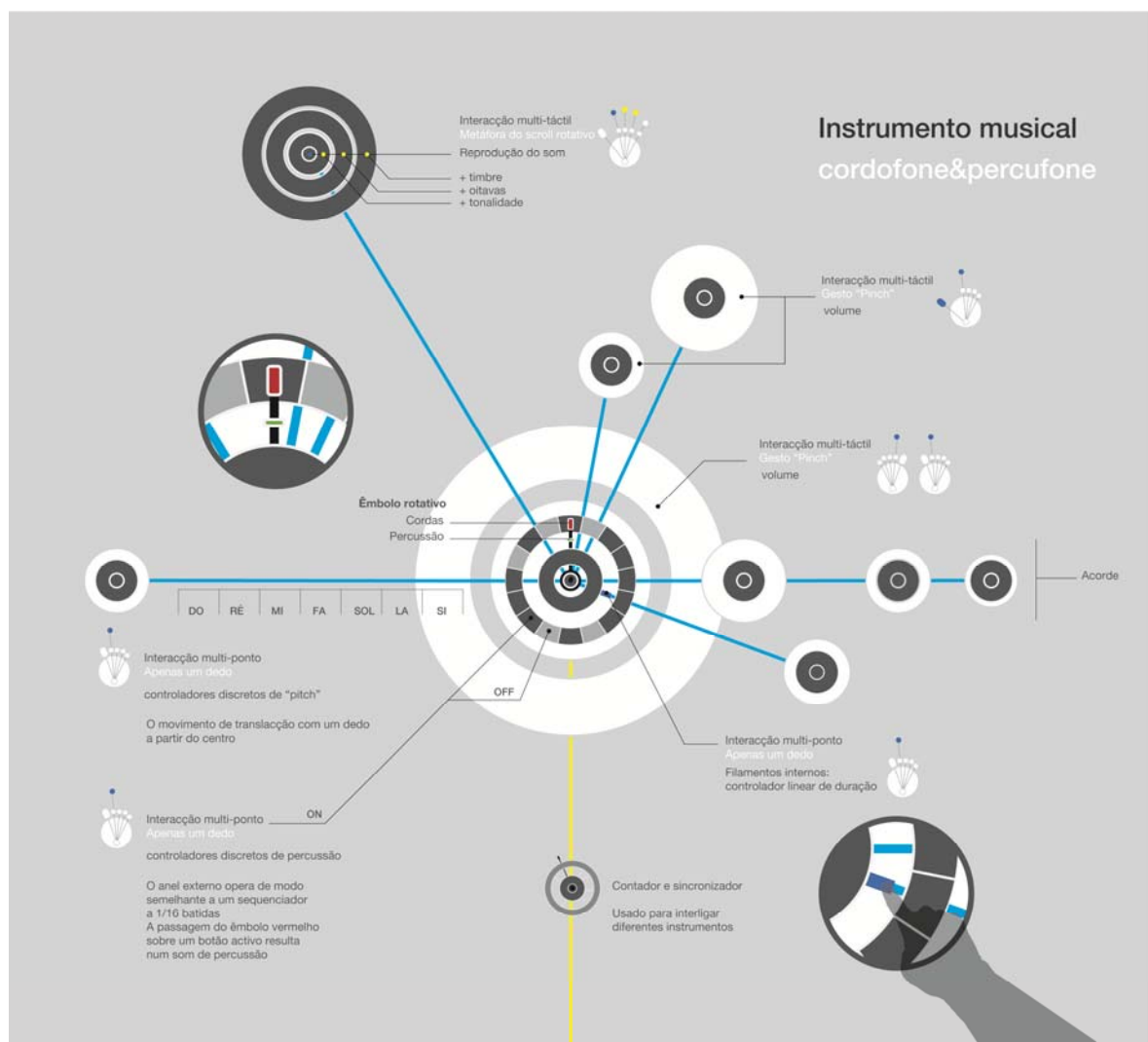


FIG. 35 Instrumento musical *Cordophone&Percufone* (interacção instrumental)

O **Motor** é constituído por um êmbolo rotativo que interage com as estruturas *Cordofone* e *Percufone*. A velocidade de rotação do êmbolo é controlada por um controlador radial contínuo com incremento de rotação/minuto no sentido dos ponteiros do relógio.

As terminações do êmbolo interagem com as estruturas *Cordofone* e *Percufone* produzindo um som.

A estrutura **Percufone** é representada por um anel constituído por 16 segmentos no centro de um anel maior. Cada segmento do anel interno pode ser activado ou desactivado para responder à passagem do êmbolo e produzir um som cuja intensidade depende do diâmetro exterior do anel externo.

As estruturas **Cordofone** são criadas pelo gesto de arrastamento com um dedo a partir do centro **Motor** e são constituídas por uma linha dotada de propriedades elásticas com um controlador concêntrico na extremidade. A linha responde a gestos com movimento perpendicular à longitude para execução de som (de modo semelhante à produção de som num instrumento de cordas), a gestos com movimento no sentido longitudinal para parametrização da duração do som. A deslocação a partir do centro do controlador concêntrico, na extremidade da linha, permite controlar o *pitch* e a posição relativa ao êmbolo - quanto afastado estiver do centro mais grave será o som produzido e quanto mais próximos estiverem os vários controladores uns dos outros mais curtos serão os intervalos. O controlador de extremidade concêntrico de uma estrutura *Cordofone* permite também a parametrização do volume com gestos multi-tácteis do tipo *pinch*¹⁵³, assim como a parametrização da tonalidade, a escala e o timbre, com gestos multi-tácteis do tipo *scroll radial*¹⁵⁴. Várias estruturas *Cordofone* podem coincidir no mesmo espaço formando harmónicos consoante a distância a que se encontram os controladores concêntricos do centro.

Foi realizado um protótipo *low-fi* com recurso a elásticos, ímans, cartolinas e acrílicos¹⁵⁵ que permite compreender os mecanismos de controlo temporal, *pitch* e interacção instrumental directa sobre uma corda simulada por um elástico.

¹⁵³ Ver (Krueger, Gionfriddo e Hinrichs, VIDEOPLACE - An artificial reality 1985)

¹⁵⁴ Baseado na metáfora do *scroll rotativo* – um dedo mantém-se fixo enquanto os restantes dedos interagem com controladores radiais concêntricos e contínuos.

¹⁵⁵ Os acrílicos foram gentilmente cedidos pelos Laboratório Sapo do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

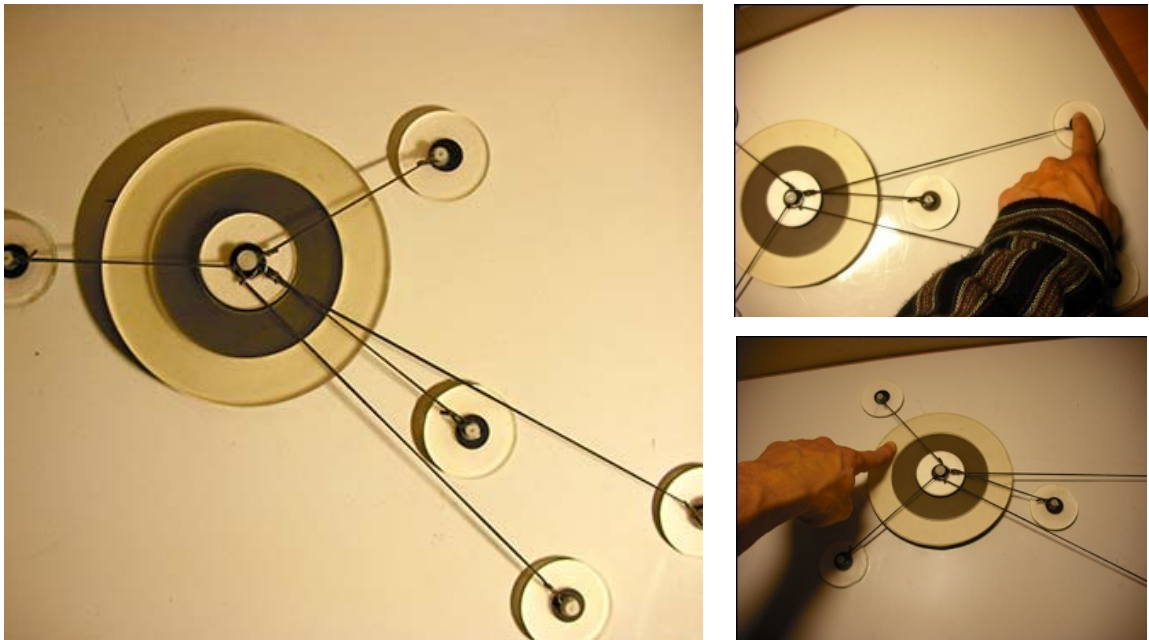


FIG. 36 Protótipo *low-fi* do instrumento musical multi-táctil – (de cima para baixo) o interface central, o ajustamento do *pitch*, a escolha do compasso.

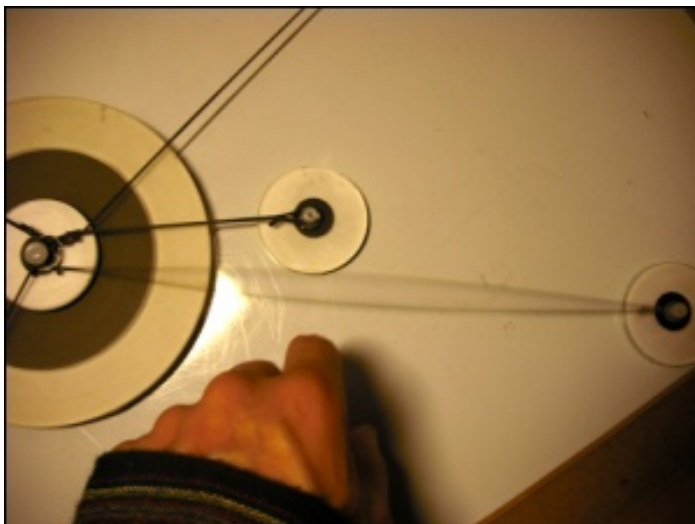


FIG. 37 Interação directa no elástico e reprodução de som

Finalmente, cada instrumento pode ser ligado a outros. Uma linha de conexão pode ser formada pela interacção realizada com um dedo de cada mão no centro de dois instrumentos. Cada linha é dotado de um interface semelhante ao *Motor* que possibilita a contagem das voltas dadas por cada instrumento antes que outro seja activado. Deste modo é possível ter diferentes instrumentos sincronizados na execução de uma peça.

Modelo conceptual de ambiente de trabalho multi-táctil (Anexo2)

Modelo conceptual de um sistema operativo baseados em gestos de natureza metafórica (e.g. quotidiano, instrumentalidade, *superpoderes* e magia). A exploração de possibilidades de interacção revelou áreas de intervenção relevantes, nomeadamente: a distância que separa utilizadores de objectos e de outros utilizadores - tendo em conta a escala dos dispositivos que pode atingir dimensões consideráveis; a quantidade excessiva de conteúdos e interfaces que tenderão a permanecer nas superfícies; a necessidade de poder rapidamente e de um modo transparente realizar um grande número de tarefas possíveis com o paradigma actual; finalmente, a importância de uma arquitectura que permita ao utilizador formar um modelo mental da interacção.

Propõe-se um modelo conceptual de um interface que permita a realização de tarefas de manipulação, visualização e edição de conteúdos através de três modos de interacção gestual correspondentes a três interfaces temporários e flexíveis: um dedo para activar o interface de visualização, dois a cinco dedos para activar o interface de manipulação, e a palma da mão com todos os dedos para activar o interface de edição, comunicação e configuração do sistema.

Esta abordagem centra-se na proximidade de cada um destes gestos com o domínio do conhecimento familiar que o humano faz do mundo: um único dedo para acções subtis como espreitar, muitos dedos para acções desenvoltas de manipulação e transformação, e finalmente a mão inteira para comunicar o desejo de aproximação e intimidade.

Por opção autoral, cada um dos interfaces tem um nome em latim. Procura-se contrastar a natureza tecnológica e futurista da interacção multi-táctil com o imaginário da magia e alquimia.

Interface de visualização *Visio*

Um dos aspectos relevantes da proposta é a conceptualização da superfície como uma área dotada de profundidade onde conteúdos podem ser guardados.

A função central do interface *Visio* é possibilitar a visualização dos conteúdos guardados na zona profunda do sistema. O interface, activado com apenas um dedo revela os conteúdos na zona seleccionada através de uma lente que pode ser deslocada no plano bi-dimensional. Outras funcionalidades podem ser acrescentadas para facilitar a visualização e selecção desses conteúdos através da inclusão de operadores lógicos manuseáveis, nomeadamente: um controlador contínuo no eixo de Z para navegação, um controlador

discreto para selecção dos conteúdos; e ainda por controlo bi-manual assimétrico¹⁵⁶ para funcionalidades acrescidas

Interface de manipulação *Manipulandum*

Outro aspecto relevante da proposta é a ideia que os objectos apenas podem ser deslocados com mais do que um dedo, indo dessa forma contra o paradigma da manipulação por um ponto dos GUI's mas aproximando-se do comportamento do humano do quotidiano, que adiciona dedos a objectos que não consegue mover devido ao atrito.

A função central do interface *Manipulandum* é integrar de uma forma transparente os gestos de translacção, rotação, extensão, para tarefas de selecção, duplicação, bloqueamento e eliminação. Ou seja, para condensar vários operadores lógicos num só interface que possibilite a realização de várias funções típicas da manipulação.

Serão apresentadas três técnicas de interacção conseguidas com o *Manipulandum* para tarefas de duplicação, eliminação e selecção de objectos a grande distância.

Duplicação - *Clone*

Objectos podem ser duplicados com uma técnica de interacção bi-manual – a mão não-dominante “segura” com dois ou mais dedos um objecto enquanto a mão dominante, também com dois dedos ou mais dedos “arrasta” uma cópia para nova localização.

Eliminação - *Vortex*

Objectos podem ser eliminados através de uma técnica de interacção multi-táctil – a partir da metáfora de “agarrar”, o gesto de contracção máxima dos cinco dedos da mão sobre um objecto activa um interface formado por uma forma circular negra relacionada à metáfora de “buraco negro”. A interacção subsequente pode prosseguir de quatro formas possíveis:

- a pessoa estende os cinco dedos da mão sobre o interface “buraco negro” – o objecto é eliminado;
- a pessoa estende os dedos fora do interface “buraco negro” – a operação é cancelada;
- a pessoa volta a por a mão sobre o interface “buraco negro” – o objecto é restituído;
- mais de x tempo sem interacção – a operação é cancelada.

¹⁵⁶ (Guiard, Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: The kinematic chain as a model 1987, 486-517)

Seleccção a grande distância – *Teia*

Objectos a grandes distâncias podem ser seleccionados e trazidos para próximo da pessoa (como faz o Homem-Aranha.¹⁵⁷) O interface é accionado pelo contacto com os cinco dedos da mão sobre a superfície. Pequenos filamentos são projectados das terminações dos dedos em direcção a objectos distantes. Pequenas variações na orientação dos dedos permite alcançar objectos próximos e a abertura do polegar possibilita controlar a quantidade de filamentos projectados em cada dedo. A selecção dos objectos de interesse é feita pela remoção dos dedos sem correspondência com conteúdo de interesse.

Interface de configuração *Invocatio*

O *Invocatio* é realizado com a mão inteira e varia consoante o objecto usado: se usado directamente sobre a área de trabalho, activa o menu *Instrumentum* – um painel de controlo que permite o acesso a configurações do sistema; se usado sobre um objecto, activa a aplicação específica ao conteúdo; se realizado com as duas mãos directamente sobre a área de trabalho, activa a função *Adjudare* – informação e tutorial sobre o sistema.

¹⁵⁷ O Homem-Aranha é uma personagem de ficção criada por Stan Lee e Steve Ditko em 1962, e editada pela Marvel Comics. Um dos superpoderes do homem-aranha é uma teia que consegue projectar com um gesto específico e que usa para se deslocar na cidade de Nova Iorque, assim como para “agarrar” objectos distantes e trazê-los para junto de si.